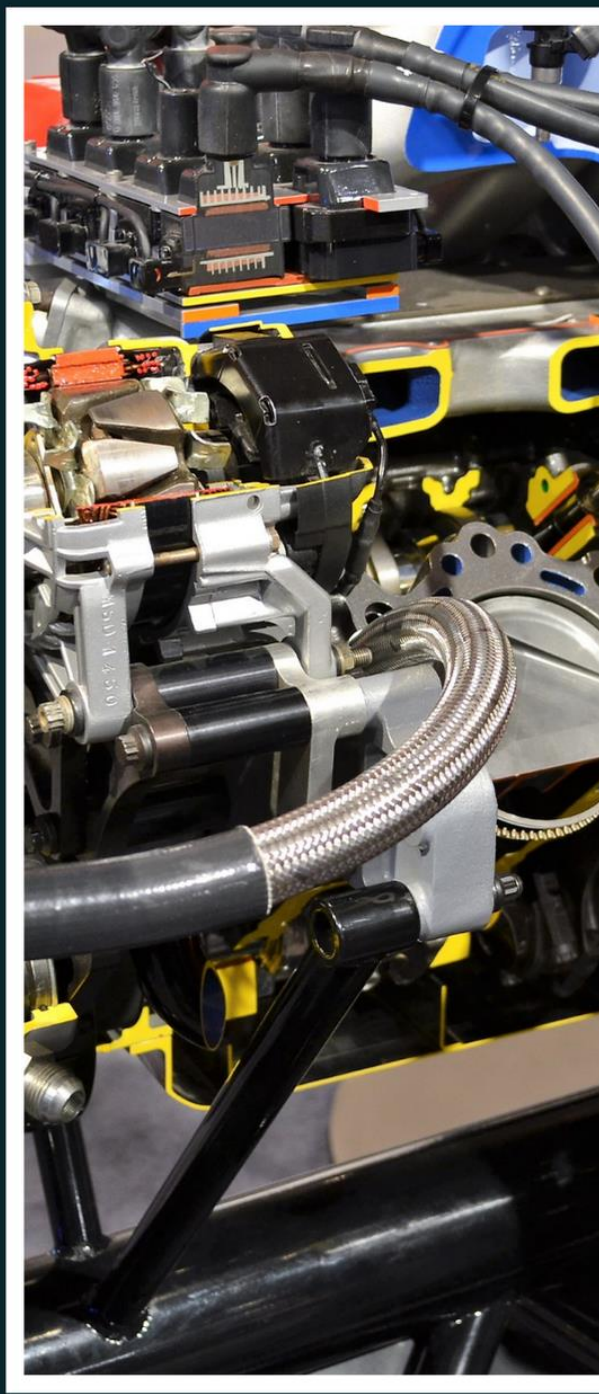
ENGENHARIA, GESTÃO E INOVAÇÃO



ORGANIZADOR
OSVALDO SENA GUIMARÃES

VOLUME 2

Editora Poisson

Osvaldo Sena Guimarães
(Organizador)

Engenharia, Gestão e Inovação
Volume 2

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2022

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Msc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
Msc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Msc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57
Engenharia, Gestão e Inovação – Volume 2/
Organizador: Osvaldo Sena Guimarães
– Belo Horizonte - MG: Poisson, 2022

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-151-1
DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Engenharia 2. Educação.I. GUIMARÃES, Osvaldo Sena II. Título.

CDD-620

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Estudo da aclimatação de inóculo anaeróbio em um reator piloto 07

Laís Roberta Galdino de Oliveira, Derovil Antonio dos Santos Filho, Ana Laura Honório Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.01

Capítulo 2: Avaliação da eficiência de Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) aplicado ao tratamento de esgoto sanitário 16

Katherine Gisela Mendoza Pena, Fabiana Alves Fiore, Adriano Gonçalves dos Reis, Marcella Moretti Ferreira, Rodrigo de Freitas Bueno

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.02

Capítulo 3: Análise da composição gravimétrica e do peso específico dos resíduos sólidos domiciliares de Jandaia (GO) como instrumento norteador ao Projeto de Educação em Saúde Ambiental "Cidade Resíduo Zero" 28

Diógenes Aires de Melo, George Humberto Guimarães, Fabíola Adaianne Oliveira, Marta Arce Brito, Erick Fellype Rodrigues

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.03

Capítulo 4: Otimização da produção de lipase a partir de fungos isolados de resíduos gordurosos domésticos 48

Pedro Bernardo Roecker, Gisele Serpa

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.04

Capítulo 5: Remoção de nitrogênio de efluente de reator UASB e perfil microbiano de lagoa de estabilização aerada-facultativa tratando água residuária de abatedouro de aves 56

Eloisa Pozzi, Valéria Del Nery, Isabel Kimiko Sakamoto, Marcia Helena Rissato Zamariolli Damianovic, Eduardo Cleto Pires

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.05

Capítulo 6: Tratamento do efluente da indústria de laticínios por biorreator a Membrana de Leito Móvel Misto: Avaliação na remoção de demanda química de oxigênio e fenol 62

Guilherme Gavlak, Fernanda Filipaki, Carlos Magno de Sousa Vidal, Jeanette Beber de Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.06

Capítulo 7: Aplicação do método estatístico DCCR na remoção de corantes em efluente têxtil por processo de adsorção 68

Fabíola Tomassoni, Elisângela Edila Schneider, Cristiane Lisboa Giroletti, Maria Ángeles Lobo Recio, Flávio Rubens Lapolli, Maria Eliza Nagel Hassemer

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.07

SUMÁRIO

Capítulo 8: Setorização de um Sistema de Esgotamento Sanitário II - Índice de Desempenho 75

Moema Felske Leuck, Carlos André Bulhões Mendes

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.08

Capítulo 9: Estudo cavitação hidrodinâmica aplicada à desinfecção da água 95

Cláudia Telles Benatti, Vitor Hugo Vieira Brandolim

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.09

Capítulo 10: Saneamento rural e fonte alternativa de energia em domicílios rurais do Amazonas: Implantação de fossas sépticas biodigestoras com captação e aproveitamento do biogás 103

Adelina Cristina Augusto Chaves, Paulo Cezar Correa Vieira

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.10

Capítulo 11: Saneamento básico em comunidades tradicionais de Paranaguá/PR: Panorama dos serviços, percepção e hábitos de moradores 109

Luiza Natalino, Giovanna Falavinha Razente, Ana Flavia Locateli Godoi

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.11

Capítulo 12: Redução de perdas através do controle de pressão, controle de vazamentos e adequação da infraestrutura vinculadas a performance 117

Silvio Henrique Campolongo, Luis Guilherme Bechuate, Eduardo Augusto Ribeiro Bulhões Filho, Gustavo Silva Pinto, Cintia Yuri Matsuguma Rossi, Eduardo Pereira Sandini

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.12

Capítulo 13: Recuperação secundária de petróleo por injeção de água produzida.... 136

Rafaela de Jesus Itaparica

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.13

Capítulo 14: Avaliação dos riscos ocupacionais na operação e manutenção de estação de tratamento de esgoto em condomínio residencial: Um estudo de caso 143

Rafael de Freitas Oliveira, Marcelo Oliveira Caetano, Luciana Paulo Gomes

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.14

SUMÁRIO

Capítulo 15: Engajamento de equipe operacional de esgoto utilizando canvas de proposta de valor 157

Iara Regina Grilo Papais, Ricardo Rezende Monteiro Barbosa

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.15

Capítulo 16: Gestão compartilhada do saneamento em municípios de São Paulo - É viável? - Proposta 164

Eliana Kazue Irie Kitahara, Vania Lucia Rodrigues

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.16

Capítulo 17: Riscos ambientais e sociais inerentes aos processos de queima de resíduos sólidos urbanos 174

Elio Lopes dos Santos, Jeffer Castelo Branco, Rafaela Rodrigues da Silva, Paulo José Ferraz de Arruda Júnior

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.17

Capítulo 18: Forças e oportunidades do Terceiro Setor na educação ambiental em áreas de vulnerabilidade da Baixada Fluminense (RJ) 184

Shirlei Barros do Canto, Alessandra Chacon Pereira, Elza Maria Neffa Vieira de Castro, Luciene Pimentel da Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-151-1.CAP.18

Autores: 204

Capítulo 1

Estudo da aclimatação de inóculo anaeróbio em um reator piloto

Laís Roberta Galdino de Oliveira
Derovil Antonio dos Santos Filho
Ana Laura Honório Silva

Resumo: A energia é indispensável para a sobrevivência da espécie humana e sua crescente demanda contribui para que sejam descobertas fontes e maneiras alternativas de adaptação de forma que todas as necessidades sejam atendidas, em contrapartida, tem-se o aumento da produção de resíduos pelos seres humanos. Nesse contexto, a digestão anaeróbia vem sendo bastante utilizada para o tratamento e aproveitamento energético dos resíduos orgânicos. Desta forma, o presente trabalho, objetiva implementar a metodologia da guia alemã VDI 4630 (2006) para produção de um inóculo anaeróbio adaptado ao resíduo alimentar. Desta forma, a aclimatação aconteceu em escala piloto, em reator horizontal, no qual foi adicionado 6 kg de inóculo composto por um digestato e esterco bovino, aclimatado por 56 dias. Ainda foi realizado a caracterização antes e após o processo de digestão anaeróbia. Nesse período, o reator piloto produziu aproximadamente 99,5 litros de biogás (com concentração de metano acima de 60% a partir do 21º dia). Nesse escopo, pode-se concluir que o processo de aclimatação pode otimizar a produção de um combustível que tem um conteúdo energético elevado, podendo ser utilizado para geração de energia elétrica, térmica ou mecânica.

Palavras-chave: digestão anaeróbia, resíduo alimentar, esterco bovino

1. INTRODUÇÃO

A problemática ambiental da geração de resíduos sólidos, em face de sua complexidade e diversidade, constitui um sério desafio a ser enfrentado. A destinação e disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é uma preocupação socioambiental mundial e uma das metas de políticas públicas do Brasil para curto e médio prazo estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010), e retificada na nova lei que atualiza o marco legal do saneamento básico, Lei Federal nº 14.026 (BRASIL, 2020).

O processo de digestão anaeróbia, por sua vez, é uma tecnologia eficaz para resolver a problemática da escassez de energia e dos problemas de poluição ambiental das indústrias e de atividades residenciais (ZHANG et al., 2013). E segundo Divya et al. (2015), a digestão anaeróbia é um conjunto de processos pelos quais os micro-organismos transformam resíduos orgânicos em biogás e material digerido (ou digestato) na ausência de oxigênio.

Além disso, o metano contido no biogás é um combustível renovável que pode ser utilizado para produzir energia elétrica, mas também como gás de cozinha e combustível de veículos automotivos, e o digestato pode ser aproveitado como fertilizante na agricultura (Holm-Nielsen et al., 2009). Nesse sentido, o governo brasileiro, criou o Programa RenovaBio, que visa reconhecer o papel estratégico de todos os tipos de biocombustíveis na matriz energética do Brasil (BRASIL, 2017).

Desta forma, o potencial de geração de biogás e metano de um resíduo representa a produção total de biogás e/ou metano por quantidade de material, que depende principalmente da sua composição, em particular, da fração de carbono biodegradável (MENDES; SOBRINHO, 2005). Então, segundo Gambetta (2011), a pesquisa em bancada gera resultados sólidos e confiáveis que permitem afirmar que a tecnologia é promissora, e a partir desse ponto é realizado o desenvolvimento de um processo a ser transposto em uma planta piloto, de forma a verificar a viabilidade técnica e econômica da tecnologia proposta. De acordo com a autora supracitada, as informações obtidas ao longo da operação de planta piloto, fornecem subsídios para iniciar um projeto de planta industrial, levando em conta as características técnicas e econômicas, que permitirão construir uma planta industrial competitiva. Nesse contexto, o estudo piloto é um teste, em pequena escala, dos procedimentos, materiais e métodos propostos para determinada pesquisa, que objetiva descobrir pontos fracos e problemas em potencial, e consequentemente, possibilitar alterações e melhorias (MACKEY; GASS, 2005; BAILER et al., 2011).

Steinmetz (2016) relata que, apesar das diversas oportunidades de geração de biogás a partir de resíduos orgânicos, existe carência de dados técnicos aplicáveis à realidade brasileira, visto que faltam dados padronizados e/ou confiáveis sobre a cinética de produção de metano, e isso pode acarretar inúmeras incertezas e fragilidades para o desenvolvimento da cadeia do biometano. Ele afirma ainda que, a maior dificuldade é a obtenção de um inóculo anaeróbio em condições estáveis para realização dos testes de digestão, visto que no Brasil, especificamente, a aquisição desse tipo de inóculo é bastante difícil, em função das distâncias e menor nível tecnológico dos reatores anaeróbios disponíveis, necessitando, com isso, a aclimatação do inóculo ao substrato que será tratado.

Desta forma, o objetivo do presente estudo é adequar a metodologia para produção de inóculo mesofílico anaeróbio adaptado ao substrato, de acordo com requisitos da guia alemã VDI 4630 (2006), visando maximizar a metanização de resíduos alimentares.

2. METODOLOGIA

O resíduo alimentar (RA) utilizado nesse estudo foi obtido no Restaurante Universitário (RU) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), sendo o mesmo composto de resíduos provenientes da cozinha (cascas e pedaços estragados de frutas e verduras) e do refeitório (resto de comida processada). E o esterco bovino (EB) é oriundo da linha de abate do Abatedouro Regional da Paudalho, localizado no município de mesmo nome.

Após a coleta, ambos foram acondicionados em recipientes plásticos e durante o transporte foram mantidos a uma temperatura aproximada de 4º C, seguindo a técnica de coleta de amostras da CETESB (2011). Posteriormente, o EB foi mantido sob refrigeração à uma temperatura de aproximadamente 11ºC, e o RA foi congelado (~ -16ºC), visando, com isso, evitar o surgimento de colônias de fungos, degradação da matéria orgânica, e até mesmo geração de biogás.

Para a caracterização do RA e EB foi realizada uma amostragem por quarteamento, de acordo com NBR 10.007 (ABNT, 2004). Em seguida extraiu-se o solubilizado, utilizando uma relação de 1:20 para a massa da amostra e o volume do extrator (água destilada), seguindo a metodologia Lange et al. (2002). Posteriormente foi realizada a determinação do pH (método potenciométrico) e da alcalinidade de bicarbonatos - AB (metodologia de Kapp AB), a partir do solubilizado do RA e do EB.

Uma fração de ambas as amostras também foram encaminhadas para secagem em estufa, na temperatura de 105ºC, até a constância da massa, conforme WHO (1979), objetivando a quantificação do teor de água e dos sólidos totais (ST), bem com a preparação de amostras para ensaios em base seca.

O RA seco foi triturado em um moinho de facas (marca SP Labor, modelo SP-31N, série 0017/10), e o EB foi destorroado com o auxílio de um almofariz e pistilo de porcelana, e em seguida foram realizadas as seguintes análises: sólidos voláteis (SV) de acordo com a NBR 13.999 (ABNT, 2003); análise elementar (carbono, hidrogênio, nitrogênio e enxofre) pelo método de Pregl-Dumas (Analisador Elementar - CHNS-O, Carlo Erba EA1110), em que as amostras são sujeitas à combustão em uma atmosfera de oxigênio puro, e os gases resultantes dessa combustão são quantificados em um detector TCD (detector de condutividade térmica); análise bioquímica, seguindo o método Van Soest (1967), para celulose, hemicelulose, lignina.

Visando a obtenção de um inóculo anaeróbio adaptado ao substrato, foi realizado o processo de aclimatação em um reator piloto (Figura 1) com condições de temperatura ambiente (variou de 26,8 a 36,1ºC), inicialmente foi adicionado 4 kg de esterco bovino fresco (EB) e 8 kg de um digestato de um reator anaeróbio, que codigeriu lodo de esgoto doméstico (anaeróbio), resíduo ruminal bovino, esterco caprino e resíduo de hortifrútis (do Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco - CEASA/PE), na proporção 5:4:1:5, aproximadamente e respectivamente, denominado de DG.

Figura 1 - Foto do reator piloto

Fonte: Santos Filho (2018).

O supracitado reator piloto está sobre processo de patente (nº processo: BR 10 2018 007348 6). O mesmo foi fabricado em aço inox 304 e é constituído por duas partes: a inferior tem cerca de 26 litros e dispõe de um sistema de agitação do tipo de paletas (com distância entre elas de 5,85 cm), onde é colocada a biomassa residual; e a superior tem aproximadamente 17 litros e possui de dois segmentos de dutos, para o encaixe do manômetro de 0 a 1 bar (escala de 0,2), da válvula de esfera monobloco latão forjado com conexões de 1/8" e do nipe para redução de 1/4" para 1/8", onde fica acomodado e é coletado o biogás produzido pelo processo de digestão da biomassa residual. A união dessas partes e estanqueidade do reator é proporcionada por uma estrutura de borracha (semelhante à um o-ring) de 5 mm, e por parafusos e porcas de 1/4".

O sistema de agitação do reator é ativado por motor elétrico de indução trifásico de marca Eberle, de 1/3 de CV, com 60 Hz de frequência, com uma tensão de 220 volts e uma corrente 1,45 ampères, com um inversor de frequência (que transforma a corrente alternada em contínua) de marca MEQ, modelo CFW08, com variação de velocidade de rotação de 0 a 1670 rpm. No referido experimento, especificamente, a agitação foi contínua e de 100 rpm.

A aclimatação do inóculo recebeu uma alimentação de 0,3 gSV/dia.L, que acontecia duas vezes na semana com a adição de 10,08 g de RA seco e triturado diluído em aproximadamente 40 mL de água destilada, durante um período de 56 dias, visto que a produção de biogás estava bem reduzida (cerca de 1L/dia).

Durante o processo de aclimatação foi realizado o seguinte monitoramento do reator piloto, como mostra o Quadro 1, com seus respectivos parâmetros, objetivos e periodicidades.

Quadro 1 - Monitoramento do reator piloto durante o processo de aclimatação do inóculo

Parâmetro	Objetivo	Periodicidade
Pressão do manômetro do reator piloto	Determinação do volume de biogás	Diária
Temperatura do reator piloto		
Pressão atmosférica		
Concentração de CH_4, CO_2 e H_2S no biogás do reator piloto	Analisar a composição do biogás no analisador de gases	2x por semana

Fonte: Oliveira (2018).

Como apresentado no Quadro 1, a determinação do volume de biogás produzido diariamente foi realizada através da medição das variáveis: pressão do manômetro do reator (marca ABC hidráulica, com escala de 0-1,0 kgf/cm^2), temperatura do reator e pressão atmosférica, de acordo com a metodologia de Harries et al. (2001). Os dois primeiros parâmetros são oriundos da instrumentação do reator piloto, já a pressão atmosférica foi obtida no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), mais especificamente, da Estação automática de Recife/PE (Recife-A301), sendo considerada a pressão atmosférica medida para o horário aproximado de leitura da pressão dos manômetros do reator.

Com relação ao analisador de gases utilizado, o Quadro 2 traz a faixa de medição, limite de quantificação e faixa de erro de gás avaliado pelo Dräger (Modelo X-am 7000).

Quadro 2 - Características do analisador de biogás Dräger

Parâmetro	Faixa de medição	Limite de quantificação	Faixa de erro
CH_4	0 a 100%	0,1%	± 5,0 %
CO_2	0 a 100%	0,1%	± 2,0 %
H_2S	0 a 500 ppm	1 ppm	± 1,0 ppm

Fonte: Manual Dräger (Modelo X-am 7000).

Após a aclimatação do inóculo, foi realizado, no mesmo, uma redução dos sólidos com o uso de uma peneira de solos nº 10 (abertura de 2 mm), semelhantemente a Steinmetz (2016).

Por fim, antes e depois do processo de aclimatação, bem como após o peneiramento, foram determinados os parâmetros pH, umidade, ST, SV e análise elementar (de acordo as metodologias supracitadas), bem como contagem de bactérias herotróficas anaeróbias, que foi realizada de acordo com a Técnica Pour Plate (APHA, 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a caracterização inicial do substrato (RA), do esterco bovino e do DG (digestato de um reator anaeróbio), que tem como objetivo identificar fatores que possam estimular ou inibir a ação dos micro-organismos metanogênicos.

Tabela 1 - Análises físico-químicas do substrato e dos componentes do inóculo aclimatado

Parâmetros	RA	EB	DG
Umidade (%)	85,45	76,98	92,91
ST – Sólidos totais (%)	14,55	23,02	7,09
SV – Sólidos voláteis (%)	13,61	17,59	4,16
pH – Potencial hidrogeniônico	6,29	7,24	7,60
AB – Alcalinidade de bicarbonatos (mg $CaCO_3$/L)	120	18.477	-
Relação C:N	13,20	14,71	10,58
Celulose – C (%)	21,05	8,38	-
Hemicelulose – H (%)	12,47	19,46	-
Lignina – L (%)	16,02	36,47	-
Biodegrabilidade [(C+H)/L]	2,09	0,76	-

Pode-se observar que a umidade do substrato e os componentes do inóculo aclimatado possuem é bastante elevada, estando em todos os resíduos, acima de 76%, que de acordo com Andreoli et al. (2003) pode variar entre 60 a 90%, do peso do conteúdo total. Por outro lado, segundo Rizzoni et al. (2012), o teor de água deve estar em torno de 90% para não ser prejudicial à digestão. Ainda de acordo com FNR (2010) é recomendável que o ST esteja abaixo de 40% para não estagnar a digestão, devido a escassez de água necessária para o crescimento dos micro-organismos. Além de apresentar um elevado valor de ST, o RA e o EB, também possui um alto valor de SV, demonstrando uma elevada quantidade de matéria orgânica. Por outro lado, o DG apresenta um valor de SV menor, devido a degradação biológica no reator anaeróbio.

Com relação ao pH, o EB encontrara-se na faixa entre 6,5 e 7,5; que segundo Pereira et al. (2009), é o intervalo ótimo de crescimento dos micro-organismos produtores de metano, especialmente os metanogênicos. No entanto, o pH do RA, está abaixo da referida faixa, que pode inibir a atividade das metanogênicas. Por outro lado, o pH do digestato ficou um pouco mais elevado, o que é esperado, devido ao processo de digestão e aclimatação anaeróbia, que culmina na elevação do pH, visto que há um consumo dos AGVs.

De acordo com Souza (1984), valores ideais de alcalinidade em bicarbonatos estão entre 2.500 a 5.000 mg CaCO3/L, conferindo um bom poder de tamponamento ao meio em digestão. Nesse sentindo, observou-se que o RA apresentou um valor de AB muito abaixo da faixa ideal, por outro lado, o EB apresentou valores da AB acima da faixa recomendada.

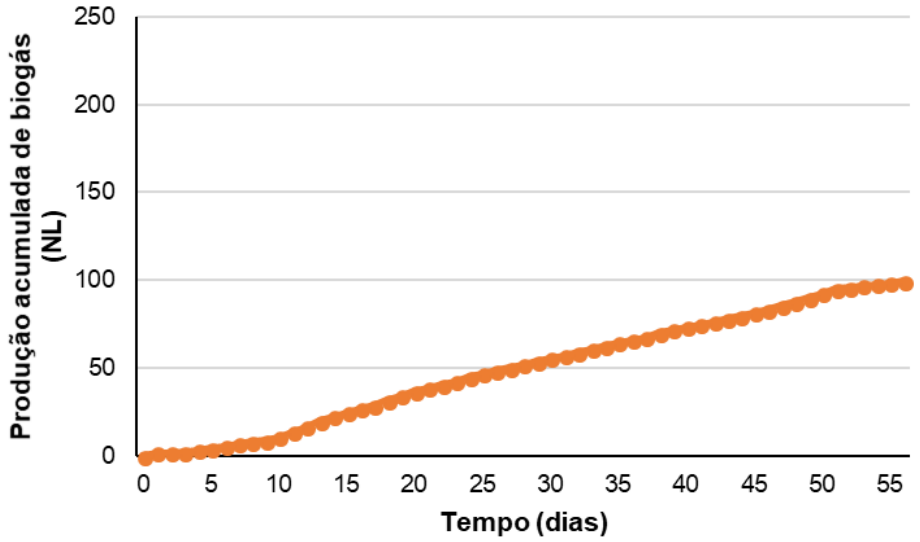
Zhang et al. (2014) demonstraram que a digestão anaeróbia procede de forma satisfatória com a relação C:N entre 15 e 20. No entanto, pode-se observar que os materiais estudados possuem uma relação C:N menor do que as faixas recomendadas, que variou entre 10,58 e 14,71, indicando excesso de nitrogênio e carência de carbono. Vale salientar que a relação C:N do RA foi semelhante a encontrada por Felizola et al. (2006), que obteve uma proporção de 12,1, na caracterização da fração orgânica proveniente do descarte de alimentos de restaurantes. A relação C:N do EB também foi bem próxima a obtida por Forster-Carneiro et al. (2007), que foi 14, para o mesmo tipo de resíduo.

Segundo Cremonez et al. (2013), a produção de metano é afetada pela composição e difícil biodegradabilidade da matéria lignocelulósica, tal dificuldade se deve à natureza recalcitrante da lignina. Barlaz (2009) afirma que a lignina impede fisicamente o acesso de micro-organismos às substâncias mais degradáveis como celulose, hemicelulose, proteínas, dentre outras.

A partir do conhecimento das composições bioquímicas dos resíduos é possível analisar a sua biodegradabilidade através das relações de Celulose+Hemicelulose/Lignina, proposta por Wang et al. (1994), no qual um valor inferior a 0,24 indica a que o resíduo está estabilizado. Nota-se que o RA e o EB possuem elevado potencial de biodegrabilidade.

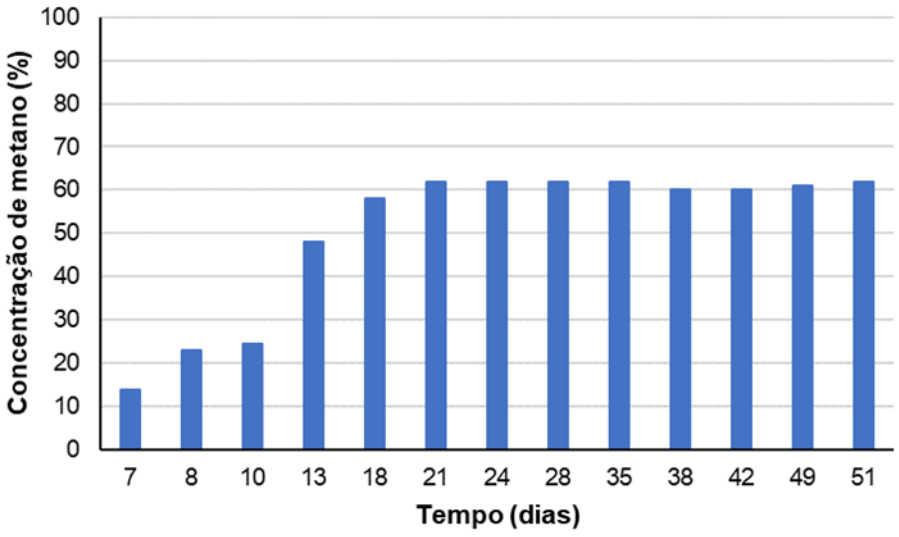
A Figura 2 mostra a geração de biogás no reator horizontal durante o período de aclimatação, que teve um volume acumulado de aproximadamente 99,5 NL (velocidade média de 1,78 NL/dia) e uma concentração de metano que variou de 13,8 a 62%, como mostra a Figura 3, tendo se estabilizado em torno de 64% a partir do 21º dia.

Figura 2 - Produção acumulada de biogás ao longo do processo de aclimatação



Fonte: Oliveira (2018).

Figura 3 - Concentração de metano ao longo do processo de aclimatação



Fonte: Oliveira (2018).

Santos Filho (2018) também aclimatou um inóculo para utilizar na digestão de resíduos orgânicos, sendo o mesmo composto por lodo anaeróbio de esgoto doméstico, resíduo ruminal bovino e esterco caprino (na proporção de 5:4:1, em massa), totalizando 15kg, e obteve uma produção acumulada de biogás 254,35 NL (velocidade média de 2,12 NL/dia), em 120 dias, chegando a 78% de metano (com 41 dias). Tanto o volume de biogás, quanto a concentração máxima de metano do experimento de Santos Filho (2018) foi superior ao do presente estudo, devido ao maior volume de resíduos adicionados e maior carga orgânica dos mesmos (apenas o lodo anaeróbio já tinha passado por um tratamento, ou seja, redução da matéria orgânica), além de maior TDH.

Steinmetz (2016) produziu um inóculo, constituído por lodo UASB de dejetos suínos e de uma indústria de gelatina, e dejeto bovino fresco (na proporção 1:1:1, em volume), durante um período de 875 dias, no entanto, não foi quantificado a geração de biogás ao longo do processo de aclimatação, pois foram avaliadas as atividades metanogênica e celulolítica específicas.

A Tabela 2 apresenta a variação dos parâmetros umidade, ST, SV, pH e bactérias herotróficas anaeróbias, do inóculo aclimatado, antes e depois do processo de aclimatação, que durou 56 dias.

Tabela 2 - Evolução dos parâmetros ao longo do processo de aclimatação

Parâmetros	Início	56 dias	
		Sem peneiramento	Com peneiramento
Umidade (%)	86,26	87,18	88,46
Sólidos totais – ST (%)	13,74	12,82	11,54
Sólidos totais voláteis – SV (%)	8,75	8,00	6,75
Potencial hidrogeniônico – pH	7,71	7,41	7,50
Bactérias herotróficas anaeróbias (UFC/mL)	Incontáveis	-	$1,3 \times 10^9$

Nota-se houve um leve incremento do parâmetro umidade, e uma redução tanto dos ST, quanto dos SV. No entanto, o valor de SV ainda estava acima do recomendado pela VDI 4630 (2006), por esse motivo, esse inóculo também foi peneirado.

A VDI 4630 (VDI, 2006) é um guia da Associação de Engenheiros Alemães que fornece regras e especificações para testes para determinar a produção de biogás de materiais orgânicos que servem a interpretação e otimização operacional de plantas de biogás.

Com relação ao pH, pode-se observar que houve uma pequena queda, devido, provavelmente, ao curto período de aclimatação, havendo ainda degradação da carga orgânica e produção de AGVs.

Steinmetz (2016) monitorou (por 875 dias) um inóculo mesofílico aclimatado constituído por dejeto bovino fresco, lodos anaeróbios de reatores UASB que tratam dejetos suínos e efluentes de indústria de gelatina (separadamente), na proporção 1:1:1, e posteriormente, o mesmo passou por diversos peneiramentos para redução ST e SV. O objetivo da supracitada pesquisa era propor uma metodologia de aclimatação e enriquecimento de inóculo para atender os requisitos da VDI 4630.

Similarmente, Amaral et al. (2016), produziram um inóculo aclimatado (anaeróbio e mesofílico), preparado a partir de partes iguais de lodo anaeróbio de reator UASB alimentado com dejeto de suínos, lodo anaeróbio de UASB de indústria de alimentos e esterco bovino fresco.

Por fim, no que diz respeito as bactérias herotróficas anaeróbias, pode-se observar que no início do processo as mesmas eram incontáveis, e após o processo de aclimatação, houve, possivelmente, uma seleção natural dos micro-organismos, em função das condições ambientais do processo de digestão anaeróbia, ficando na ordem de 10^9.

Bona et al. (2013) realizaram uma caracterização microbiológica de um inóculo constituído pela mistura de lodos oriundos de biorreatores que tratam dejetos bovinos e suínos (separadamente), e inferiram que o conhecimento microbiológico de inóculos para o tratamento em biodigestores anaeróbios pode sugerir rotinas que permitam uma melhoria no processo de produção do biogás.

4. CONCLUSÃO

O resíduo alimentar (RA) apresentou valores de pH, alcalinidade de bicarbonatos e relação C:N abaixo da faixa propícia a produção de metano, por outro lado, a elevada umidade, carga orgânica e biodegrabilidade, podem benéficas a digestão. O esterco bovino possui uma alta umidade, carga orgânica e biodegrabilidade, um pH ideal a metanogênese ou superior, e uma alcalinidade de bicarbonatos que confere um bom poder de tamponamento ao meio em digestão. Por outro lado, a relação C:N do EB foi inferior a relação propícia aos micro-organismos metanogênicos.

Na presente pesquisa foram utilizados um digestato (composto de um inóculo aclimatado ao substrato e resíduos de hortifrúti, codigeridos por 120 dias), e esterco bovino, na proporção de 2:1, para produção de um inóculos anaeróbios adaptado ao resíduo alimentar. Para isso, o mesmo foi aclimatado por meio da alimentação do mesmo com pequenas porções de resíduo alimentar (0,3 gSV.dia-1.L-1), durante um período de 56 dias). Ao longo do período de aclimatação, o inóculo supracitado produziu 99,5 NL de biogás (com concentração de metano entre 13,8 a 62%), resultando em uma redução dos teores de sólidos totais e voláteis (potencializada pela adição de água e peneiramento). Com relação ao pH, registou-se uma pequena queda, devido, provavelmente, ao curto TDH e, provavelmente, elevada concentração de AGVs.

REFERÊNCIAS

[1] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13999: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira – determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525ºC. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

[2] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10007: Amostragem de Resíduos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

[3] Amaral, A. C.; Kunz, A.; Tápparo, D. C.; Gaspareto, T. C.; Steinmetz, R. L. R. Influência da carga orgânica volumétrica na recuperação de metano em um reator CSTR tratando dejeto suíno. In: CONBEA – XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2016, Florianópolis.

[4] Andreoli, C. V.; Ferreira, A. C.; Chernicharo, C. A. L.; Borges, E. S. M. Secagem e Higienização de Lodos com Aproveitamento do Biogás. In: Cassini, S. T. (Org.). Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás. Vitória: Rima Artes e Textos, p. 121-165, 2003.

[5] Bailer, C.; Tomitch, L. M. B.; D'Ely, R. C. S. Planejamento como processo dinâmico: a importância do estudo piloto para uma pesquisa experimental em linguística aplicada. Revista Intercâmbio, v. 14, p. 129-146, 2011.

[6] Barlaz, M. A. Forest products decomposition in municipal solid waste landfill. Waste Management, v. 26, p. 321-333, 2006.

[7] Bona, E. A. M.; Matinc, C.; Bley Junior, C.; Milani, L. M.; Menegol, T.; Somer, J. G.; Pereira, L. Isolamento e caracterização microbiológica de sistemas de tratamento anaeróbio de inóculos de dejetos suíno e bovino. São Paulo: III Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais. 2013.

[8] Brasil. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 17/08/2021.

[9] Brasil. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Marco Legal do Saneamento Básico. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm>. Acesso em: 17/08/2021.

[10] Brasil. RenovaBio. Brasília: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>. Acesso em: 28/05/2021.

[11] CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

[12] Cremonez, P. A.; Feiden, A.; Zenatti, D. C.; Camargo, M. P.; Cézar, N. W.; Rossi, E.; Antonelli J. Digestão anaeróbia no tratamento de resíduos lignocelulósicos. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.2, p.21-35, 2013.

[13] Divya, D.; Gopinath, L. R.; Christy, P. M. A Review on current aspects and diverse prospects for enhancing biogas production in sustainable means. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.42, p. 690-699, 2015.

[14] Felizola, C. S. Estudo cinético do tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos. Dissertação (Mestrado). Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. 2006.

[15] Forster-Carneiro, T.; Pérez, M.; Romero, L. I.; Sales, D. Dry-thermophilic anaerobic digestion of organic fraction of the municipal solid waste: Focusing on the inoculum sources. Bioresource Technology, v. 98, n. 17, p. 3195–3203, 2007.

[16] Gambetta, R. O caminho entre a pesquisa na bancada e a produção em escala industrial. 2011. Disponível em: < https://www.campograndenews.com.br/artigos/o-caminho-entre-a-pesquisa-na-bancada-e-a-producao-em-escala-industrial >. Acesso em: 21/04/2021.

[17] Harries, C. R.; Cross, C. J.; Smith, R. Development of a biochemical methane potential (BMP) test and application to testing of municipal solid waste samples. In: Eighth International Waste Management and Landfill Symposium, v. 1, p. 579-588, 2001, Cagliari.

[18] Holm-Nielsen, J. B.; Seadi, T. A. L.; Oleskowicz-Popiel, P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. Bioresource Technology, v. 100, n. 22, p. 5478-5484, 2009.

[19] Lange, L. C.; Simões, G. F.; Ferreira, C. F. A.; Santana, D. W. E. A.; Garcia, L. N. Estudo comparativo de metodologias empregadas para a análise de resíduos sólidos urbanos. In: Federación Méxicana de Ingenieria Sanitaria y Ciencias Ambientales; AIDIS. Gestión inteligente de los recursos naturales: Desarrollo y salud. México, D.F., FEMISCA, 2002. p.1-8, Ilus.

[20] Mackey, A.; Gass, S. Common data collection measures. Second language research: methodology and design. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2005.

[21] Mendes, L. G. G.; Sobrinho, P. M. Métodos de estimativa de geração de biogás em aterro sanitário. Revista Ciências Exatas, v. 11, n. 2, p. 71-76, 2005.

[22] Oliveira, L. R. G. Estudo para a metanização de resíduos alimentares. Tese (Doutorado). Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 2018.

[23] Pereira, E. L.; Campos, C. M. M.; Moterani, F. Efeitos do pH, acidez e alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de suinocultura. Revista Ambiente & Água, v. 4, p. 157-168, 2009.

[24] Rizzoni, L. B.; Tobias, A. C. T.; Del Bianchi, M.; Garcia, J. A. D. Digestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, Ano IX, n.18, 2012.

[25] Santos Filho, D. A. Estudo da influência de inóculos e configurações de reatores no processo digestão anaeróbia de resíduo sólido orgânico. Tese (Doutorado). Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 2018.

[26] Souza, M. E. Fatores que influenciam a digestão anaeróbia. Revista DAE, v. 44, p. 88-94, 1984.

[27] Steinmetz, R. L. R. Avaliação do efeito de drogas veterinárias na produção específica de biogás de substratos agropecuários. Tese (Doutorado). Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina. 2016.

[28] Van Soest, P. J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. Journal Animal Science, v. 26, n. 1, p. 119-128, 1967.

[29] VDI – Verein Deutscher Ingenieure. VDI 4630: Fermentation of organic materials Characterisation of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests. Alemanha: VDI, 2006.

[30] Wang, Y. S.; Byrd, C. S.; Barlaz, M. A. Anaerobic biodegradability of cellulose and hemicelluloses in excavated refuse samples using a biochemical methane potential assay. Journal of Industrial Microbiology, v. 13, p. 147-153, 1994.

[31] WHO – International reference center for wastes disposal. Methods of Analysis of Sewage Sludge Solid Waste and Compost. Switzerland, 1979.

[32] Zhang, T.; Liu, L.; Song, Z.; Ren, G.; Feng, Y.; Han, X.; Yang G. Biogas Production by Co-Digestion of Goat Manure with Three Crop Residues. Plos One, v. 8, 2013.

[33] Zhang, C.; Su, H.; Baeyens, J.; Tan, T. Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 38, p. 383-392, 2014.

Capítulo 2

Avaliação da eficiência de Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC) aplicado ao tratamento de esgoto sanitário

Katherine Gisela Mendoza Pena
Fabiana Alves Fiore
Adriano Gonçalves dos Reis
Marcella Moretti Ferreira
Rodrigo de Freitas Bueno

Resumo: O lançamento *in natura* de esgotos é uma das principais fontes de poluição dos corpos hídricos, sendo necessário a seleção de um processo de tratamento adequado às suas propriedades. O uso de reatores anaeróbios tem demonstrado ser uma alternativa viável para o tratamento descentralizado de esgotos em países em desenvolvimento como o Brasil, face às condições ambientais favoráveis e ao seu baixo custo de implantação, manutenção e operação. Nesse contexto, o presente estudo foi desenvolvido com intuito de avaliar a eficiência do reator anaeróbio compartimentado no tratamento de esgotos sanitários. A pesquisa foi realizada em uma estação piloto instalada no parque tecnológico de São José dos Campos/SP e operada em fluxo contínuo entre os meses de novembro de 2020 e junho de 2021. Os seguintes parâmetros foram analisados: pH, temperatura, Sólidos Sedimentáveis, SST e DQO, podendo-se inferir a eficiência de remoção de DBO a partir da relação DQO/DBO. O RAC obteve eficiências médias de remoção de 73%, 52%, 56% e 72% para os Sólidos Sedimentáveis, SST, DQO e DBO, respectivamente. Os resultados obtidos mostram a eficiência do reator anaeróbio compartimentado no tratamento descentralizado de esgotos sanitários.

Palavras-Chave: Reator Anaeróbio Compartimentado, Esgoto Sanitário, Sistemas Descentralizados.

1. INTRODUÇÃO

O tratamento de esgoto é essencial para garantir a saúde pública e a qualidade ambiental. Dentre os problemas causados pelas águas residuais estão a eutrofização, riscos à saúde e mudanças indesejáveis no ecossistema aquático, além do aumento no custo do tratamento de água e diminuição do seu valor recreativo (WIJAYA e SOEDJONO, 2018).

Atualmente no Brasil, somente 54,1% dos habitantes tem acesso à coleta de esgoto, o que equivale a 100 milhões de brasileiros sem acesso a esse serviço, sendo que do total gerado apenas 49,1% recebe algum tipo de tratamento (SNIS, 2019; TRATA BRASIL, 2020). O cenário vigente e o déficit no tratamento de esgotos sanitários no país, conduzem a busca de tecnologias de baixo custo, visando a melhoria da qualidade dos recursos hídricos.

Nas últimas décadas, o tratamento anaeróbio de esgoto tem ganhado bastante atenção devido às suas vantagens, tais como: economia de energia, menor produção de lodo, produção de biogás com alto teor de energia e economia de espaço, transformando-se em uma opção viável para países em desenvolvimento (RENUKA *et al*., 2015; AQANEGHAD; MOUSSAVI, 2016; MAGWAZA *et al.*, 2020).

No entanto, prover um tratamento centralizado acessível e confiável é um grande desafio devido aos altos custos de operação e manutenção, sendo importante considerar o gerenciamento descentralizado das águas residuais, que tratam de volumes relativamente menores de esgoto, provenientes de pequenas comunidades, reduzindo os custos relacionados à coleta e dando ênfase no tratamento e disposição do efluente (YULISTYORINI *et al.*, 2020). Nesse contexto, o reator anaeróbio compartimentado (RAC) aparece como alternativa para o tratamento descentralizado de esgoto em países em desenvolvimento como o Brasil, onde as condições ambientais e de temperatura favorecem sua implantação (CHERNICHARO, 1997; DA SILVA *et al.,* 2017; YULISTYORINI *et al.*, 2019).

O RAC consiste em uma série de câmaras verticais, nos quais o afluente é forçado a se movimentar pelas parcelas inferior e superior das mesmas, à medida que percorre o reator, atravessando diversas regiões de densa população microbiana (TRILITA *et al.*, 2016; CHINWETKITVANICH; RUCHIRASET, 2017; ABBASI *et al.*, 2017). Essa partição vertical evita o movimento horizontal da biomassa e uma grande parcela de microrganismos é retida em cada compartimento, permitindo um maior contato entre o afluente e a biomassa ativa, o que proporciona maior eficiência na biodegradação da matéria orgânica, além de reduzir o arraste de sólidos e a ocorrência de choques orgânicos e hidráulicos (NEVES *et al.*, 2015).

A existência de compartimentos no reator também desacopla o tempo de retenção hidráulica (TDH) do tempo de retenção de lodo, garantindo dimensões comparativamente pequenas do reator e consequentemente economia financeira (REYNAUD; BUCKLEY, 2016). De acordo com Zhang *et al.* (2020), a construção do RAC é simples e de baixo custo, exigindo pouca manutenção. Além disso, sua operação é estável sem requisitos de bombeamento e eletricidade (PFLUGER *et al*., 2018). Reatores Anaeróbios costumam apresentar eficiência média de remoção de matéria orgânica (DBO 5 dias, 20° C) de 68% podendo chegar a cerca de 80% (ANA, 2020).

De acordo com a Resolução CONAMA n° 430 de 2011 (BRASIL, 2011), o lançamento direto de efluentes provenientes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários em corpos receptores devem obedecer condições e padrões específicos, estando alguns deles apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Padrão de Lançamento de Efluentes

Parâmetros	Limites
pH	Entre 5 e 9
Temperatura	< 40°C
Sólidos Sedimentáveis	≤ 1,0 ml/L
$DBO_{5,20}$	≤ 120 mg/L ou Remoção mín. de 60%

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2011.

2. OBJETIVO

Avaliar a eficiência de remoção de matéria orgânica do reator anaeróbio compartimentado (RAC) aplicado ao tratamento de esgoto sanitário.

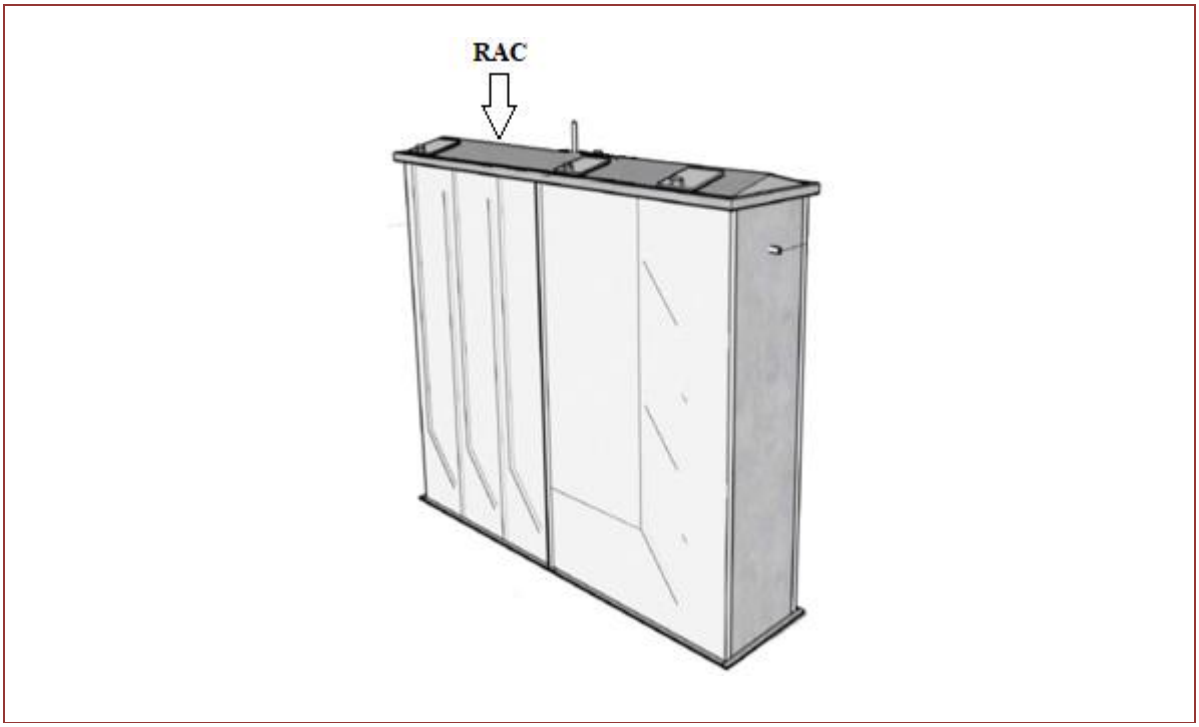
3. METODOLOGIA

A estação de tratamento de esgotos em escala piloto, objeto do presente estudo, foi construída e implantada pela empresa privada TECPLAS nas dependências do parque tecnológico de São José dos Campos (Pqtec/SJC), nas proximidades de sua ETE.

O reator anaeróbio compartimentado faz parte de um sistema de tratamento mais complexo composto por um tratamento preliminar, um RAC seguido de filtro biológico aeróbio e um decantador lamelar. O sistema iniciou sua operação com metade da vazão prevista em projeto (2 m^3/dia) e após o período de aclimatação, compreendido entre 18 de novembro de 2020 e 03 de fevereiro de 2021, foi operado até 09 de junho de 2021.

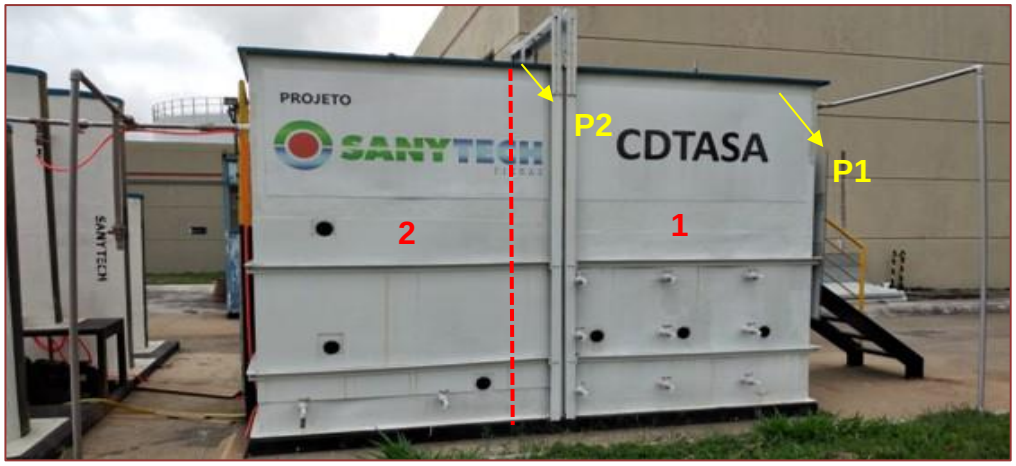
O RAC possui três câmaras de dimensões semelhantes, dispostas em série, que permitem o tratamento do esgoto afluente à medida que percorre o reator. Após o tempo de detenção previamente determinado, os efluentes da terceira câmara são versados pela parte superior, para a unidade de tratamento aeróbio, conforme esquema construtivo mostrado na Figura 1.

Figura 1: Sistema de tratamento de esgotos com destaque para o RAC.



A estação experimental instalada é apresentada na Figura 2.

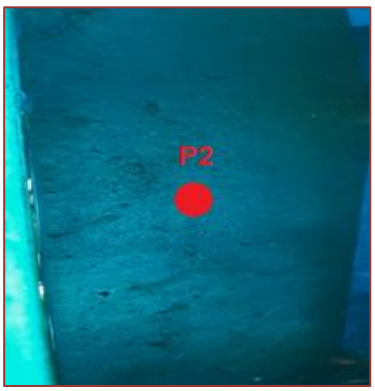
Figura 2: Sistema piloto de tratamento de esgoto.



Na Figura 2 a linha hachurada indica a divisão entre o sistema anaeróbio (reator anaeróbio compartimentado) e o sistema aeróbio, representados como 1 e 2 respectivamente. Os pontos P1 e P2 pertencentes ao RAC, indicam os pontos de amostragem e correspondem ao esgoto bruto e ao efluente pós tratamento no reator, como apresentados nas Figuras 3 e 4.

Figura 3: Ponto de Coleta P1

Figura 4: Ponto de Coleta P2



O esgoto bruto, afluente à estação experimental, passa por um tratamento preliminar na ETE em operação no Parque Tecnológico. Esse tratamento consiste em um sistema de gradeamento (Figura 5) e caixa de areia, que permite a remoção de materiais grosseiros e da areia, e de um tanque de equalização de vazão. A partir do tanque de equalização (Figura 6) o esgoto é bombeado, em fluxo contínuo, para o RAC e passa por um segundo gradeamento acoplado ao sistema de adução, para garantir a eficiência de operação da bomba (Figura 7).

Figura 5: Gradeamento

Figura 6: Tanque de equalização

Figura 7: Bomba do sistema de tratamento

A coleta de amostras nos pontos P1 e P2 deu início um mês após a partida do reator, sendo realizada entre 22 de dezembro de 2020 e 09 de junho de 2021 em conformidade com o método 1060 do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998), e as amostras foram encaminhadas para análise em laboratório externo pertencente à empresa Polo - Saneamento Ambiental S/A. A Tabela 2 mostra as condições operacionais do reator anaeróbio compartimentado.

Tabela 2: Condições Experimentais do Estudo

Parâmetros	Condições Operacionais
Volume útil	2000 L
Dias de operação	203 d
TDH	12 h
Vazão de alimentação	4 m^3/dia

Os parâmetros físico-químicos e a frequência de amostragem realizada estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Programa de Monitoramento da Estação Piloto

Parâmetros	Unidade	P1 e p2	Técnica analítica (*standard methods*)	Análise/medição
Temperatura	°C	Semanal	2550	Em campo
pH	-	Semanal	4500 - H^+	Laboratório
DQO total	mg/L	Semanal	5210 B	Laboratório
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	Semanal	2540	Laboratório
SST	mg/L	Semanal	2540	Laboratório

4. RESULTADOS OBTIDOS

Os parâmetros físico-químicos avaliados são apresentados nas Figuras 8 a 13. Nelas também foram apresentados os limites de emissão definidos pela Resolução CONAMA n°430 de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em águas de classe 2.

Figura 8: Comportamento do pH durante o período de operação do RAC

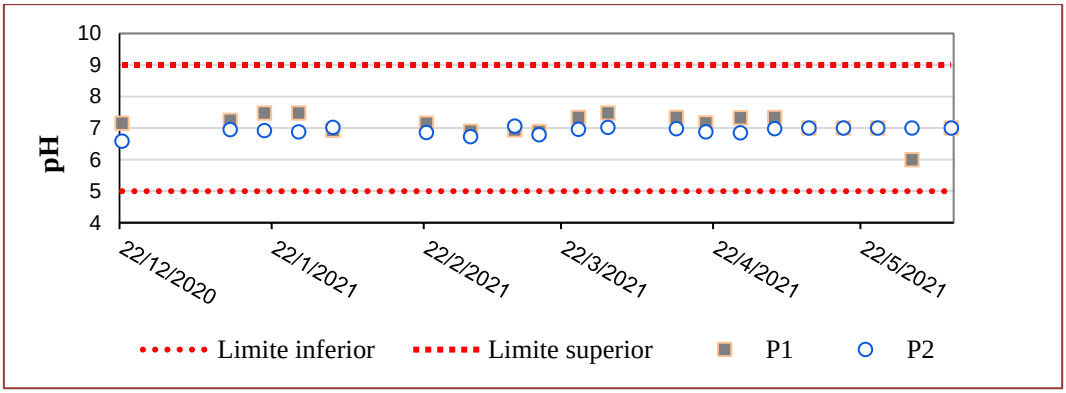


Figura 9: Comportamento da temperatura durante o período de operação do RAC

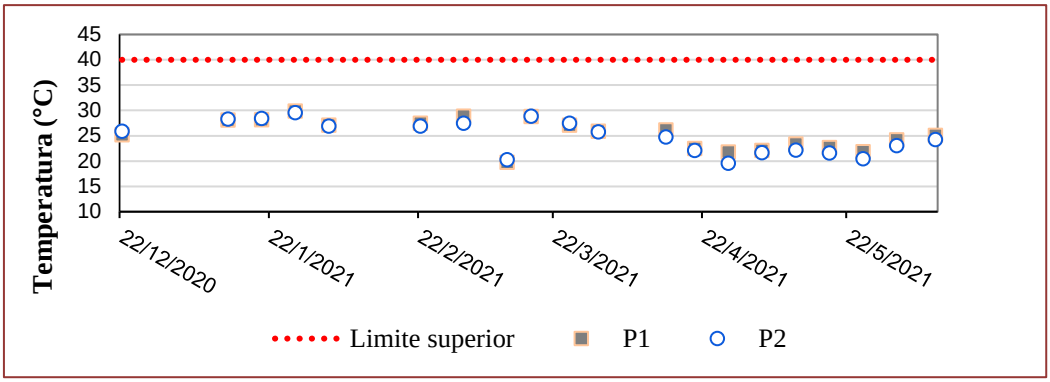


Figura 10: Comportamento dos sólidos sedimentáveis durante o período de operação do RAC

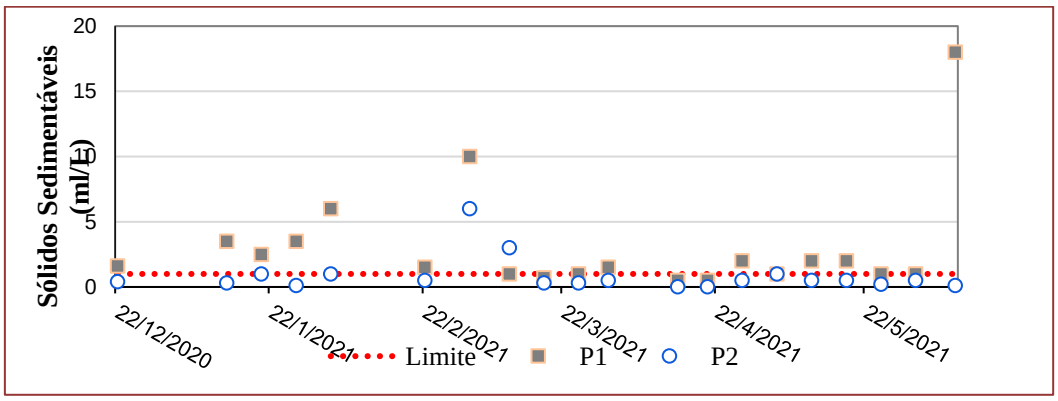


Figura 11: Eficiência de remoção de sólidos sedimentáveis no RAC

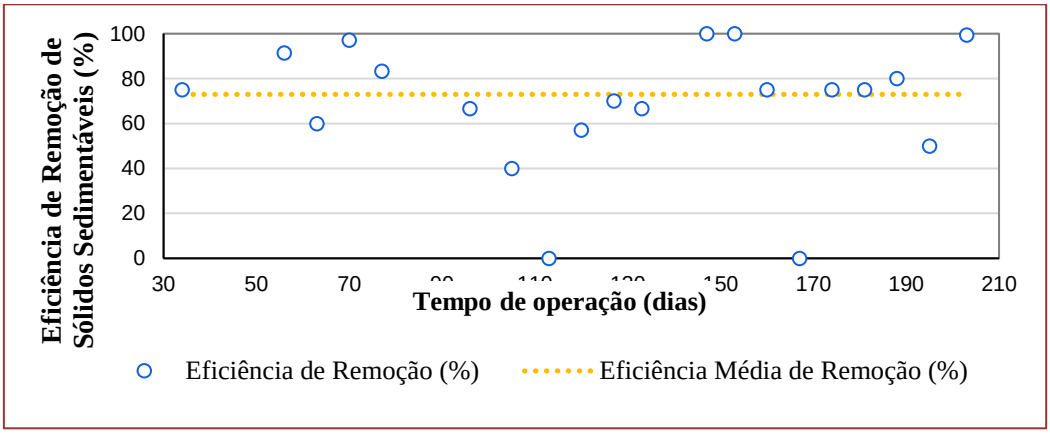


Figura 12: Comportamento do SST durante o período de operação do RAC

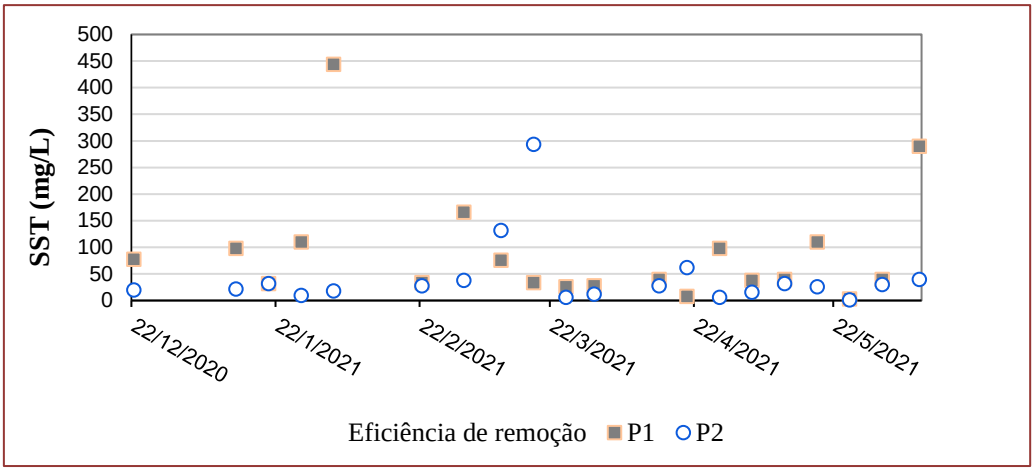
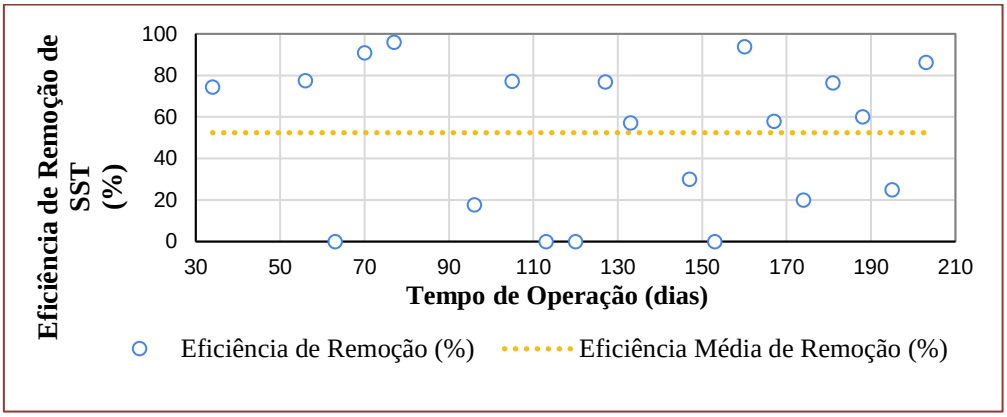


Figura 13: Eficiência de remoção de SST no RAC



Nos casos em que o P2 apresentou valores maiores que o P1, como observado em um ponto da Figura 10(11/3/21) e três pontos da Figura 12 (11/3, 18/3 e 20/4 de 2021), as eficiências de remoção foram consideradas nulas (0%), pois nas datas citadas, o reator não eliminou nenhum valor de sólidos de entrada.

A Tabela 4 mostra as análises estatísticas básicas para os parâmetros apresentados nas Figuras 8 a 13.

Tabela 4: Estatística Básica dos Parâmetros Analisados

Variáveis	Ph		Temperatura (°c)		Sólidos sedimentáveis (ml/l)		Sst (mg/l)	
	P1	**P2**	**P1**	**P2**	**P1**	**P2**	**P1**	**P2**
Média	7,11	6,92	25,32	24,80	3,04	0,84	89,65	42,66
Máximo	7,48	7,07	29,90	29,60	18,00	6,00	444,00	294,00
Mínimo	6,00	6,59	19,80	19,60	0,50	0,00	3,00	1,20
Desvio médio	0,23	0,09	2,56	2,78	2,58	0,78	68,85	36,00
n	20		20		20		20	

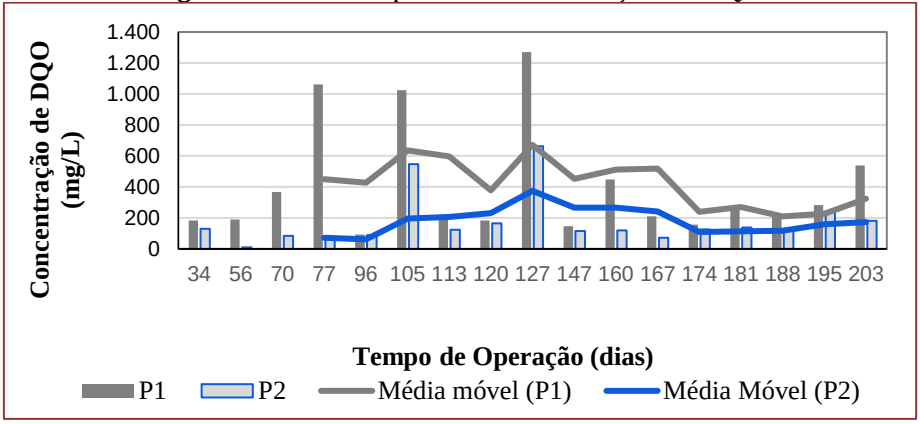
Analisando os gráficos (Figuras 8 a 13) e os dados apresentados na Tabela 4, é possível perceber que os valores de pH e temperatura mantiveram-se dentro da faixa de lançamento definida pela legislação.

Em dois dias, o valor de Sólidos Sedimentáveis (SS) do efluente pós tratamento anaeróbio (P2) ficou acima do limite de referência, porém em média os valores atenderam a legislação, ficando abaixo do limiar de lançamento de 1,0 ml/L. Além disso, houve consideráveis variações na concentração de SS entre coletas sequenciais, com valores de 0,50 a 18,00 ml/L no esgoto bruto, e no esgoto tratado que variou de 0,00 a 6,00 ml/L. A média de Sólidos Sedimentáveis para o P1 foi 3,04 ml/L e para o P2, 0,84 ml/L, apresentando uma remoção média de 73%.

A concentração de Sólidos Suspensos Totais (SST) também apresentou grandes variações durante todo o período de operação do RAC como observado na Figura 12. As médias de SST para o P1 e P2 foram 89,65 mg/L e 42,66 mg/L, respectivamente, indicando uma remoção média de 52%.

A Figura 14 mostra a série temporal em média móvel das concentrações de DQO no afluente (P1) e no efluente (P2), considerando 4 pontos por média móvel.

Figura 14: Série temporal das concentrações de DQO.



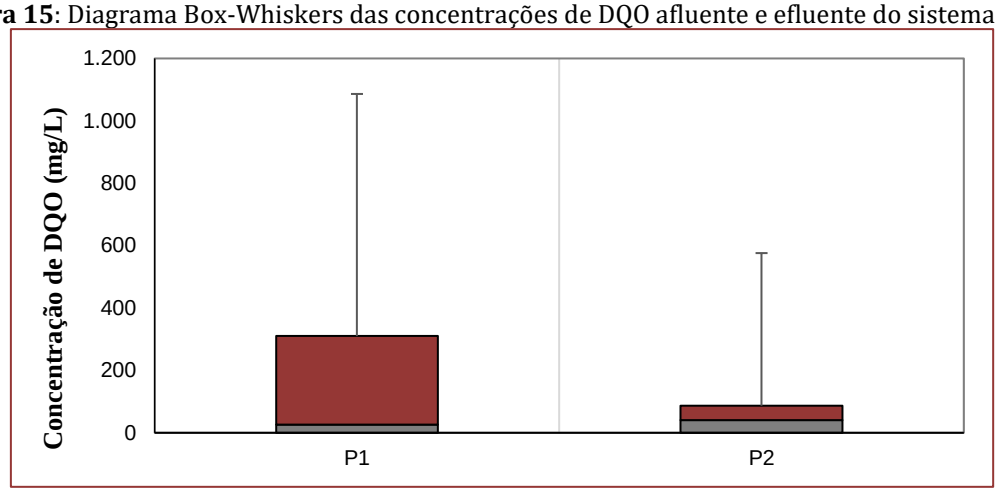
A tabela 5 mostra a média, os desvios (médio e padrão) e os valores máximo e mínimo da Demanda Química de Oxigênio (DQO) para os pontos de coleta P1 e P2.

Tabela 5: Valores Obtidos de DQO

Variáveis	DQO (mg/L)	
	P1	**P2**
Média	402,02	176,61
Máximo	1.270,00	662,00
Mínimo	92,50	11,00
Desvio médio	274,52	109,13
Desvio padrão	362,81	170,20
n	17	17

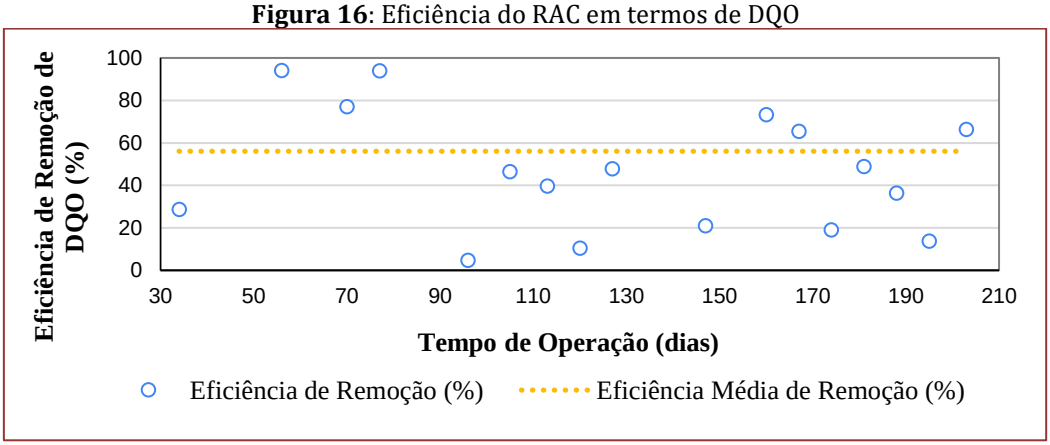
A dispersão das concentrações de DQO observadas no esgoto bruto (P1) e esgoto tratado (P2) é apresentada na Figura 15.

Figura 15: Diagrama Box-Whiskers das concentrações de DQO afluente e efluente do sistema piloto



A Figura 16 mostra as eficiências de remoção de DQO obtidas durante a operação do RAC e sua eficiência média.

Figura 16: Eficiência do RAC em termos de DQO



Como observado na Tabela 5 e nas Figuras 14 e 15, a concentração de DQO apresentou uma grande variação durante o período de operação do RAC, com valores de 92,50 a 1.270,0 mg/L no esgoto bruto e 11,0 a 662,0 mg/L no esgoto tratado. Com base na concentração média obtida no P1 e P2, foi possível obter uma eficiência média de remoção de 56%.

A relação DQO/DBO foi de 2,4 para o afluente (P1) e 3,7 para o efluente ao RAC (P2), podendo-se inferir que a eficiência média de remoção de DBO foi de 72%.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao longo do período analisado, o efluente não apresentou grandes variações de pH e temperatura antes e após o tratamento anaeróbio no RAC, em ambos os casos, atendendo os padrões de lançamento definidos pela Resolução CONAMA n° 430 de 2011.

Apesar da variação da concentração de sólidos no esgoto bruto (P1) de um período para o outro, 90% das amostras de sólidos sedimentáveis do efluente (P2) apresentaram-se dentro dos limites aceitáveis.

Dentre os trabalhos que avaliam a eficiência de remoção do RAC em termos de DQO, observam-se taxas de remoção de 60% (ABASSI et al., 2017; WIJAYA e SOEDJONO, 2018), 55% (SILVA et al., 2017a) e 66% (SILVA et al., 2017b). No presente estudo, alcançou-se uma eficiência média de remoção de DQO de 56%, porcentagem próxima dos valores obtidos por esses autores.

Quanto à DBO, a eficiência de remoção alcançada foi de 72%, atendendo a resolução CONAMA que determina um valor máximo de 120 mg/L ou uma eficiência de remoção mínima de 60%. Cabe ainda ressaltar que a taxa média de remoção de carga orgânica em reatores anaeróbios em termos de DBO, geralmente, fica em torno de 68%, mostrando que a eficiência do Reator Anaeróbio compartimentado está dentro dos padrões aceitáveis para esse sistema.

6. CONCLUSÕES

Os parâmetros pH, temperatura, sólidos sedimentáveis (90% das amostras) e a eficiência de remoção de DBO atenderam a legislação de lançamento após o tratamento anaeróbio no RAC, enquanto, a porcentagem de remoção de DQO ficou próxima das eficiências obtidas por outros autores. Esses resultados demonstram o potencial do Reator Anaeróbio Compartimentado no tratamento de esgotos sanitários.

Cabe ressaltar, no entanto, que quando avaliados os resultados do sistema de tratamento completo composto pelo RAC, filtro aeróbio e decantador lamelar, observam-se eficiências médias de remoção de DQO de 60% e 80%, e DBO em torno de 95%. Isso indica que o tratamento complementar implantado aumentou o percentual de remoção de carga orgânica do reator anaeróbio compartimentado.

A continuidade das pesquisas possibilitará um melhor entendimento do comportamento do RAC, implicando em um avanço na busca por soluções de baixo custo no tratamento de esgotos sanitários em pequenas comunidades.

REFERÊNCIAS

[1] ANA - Agência Nacional de Águas. Atlas Esgotos: atualização da base de dados de Estações de Tratamento de Esgotos no Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília - DF, 2020.

[2] APHA - American Public Health Association (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. 20 ed. Washington, D.C.

[3] ABASSI H. N.; LU, X.; XU, F. Seasonal Performance and Characteristic of ABR for low strength wastewater. Applied Ecology and Environmental Research 15: 263-273, 2017.

[4] AQANEGHAD M.; MOUSSAVI G. Electrochemically enhancement of the anaerobic baffled reactor performance as an appropriate technology for treatment of municipal wastewater in developing countries. Sustainable Environment Research, p. 203, 2016.

[5] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho. Brasília, 2011.

[6] CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. Reatores Anaeróbios. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias vol.5. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1997.

[7] CHINWETKITVANICH S.; RUCHIRASET A. The anaerobic baffled reactor (ABR): Performance and microbial population at various cod loading rates. International Journal of GEOMATE, vol.12, p. 78-84, 2017.

[8] MAGWAZA S. T.; MAGWAZA L. S.; ODINDO A. O.; MDITSHWA A.; BUCKLEY C. Partially treated domestic wastewater as a nutrient source for tomatoes (Lycopersicum solanum) grown in a hydroponic system: effect on nutrient absorption and yield. Heliyon, vol. 6, n. 12, 2020.

[9] NEVES, C. S.; CAMPOS C. M. M.; PEREIRA E. L.; VILAS BOAS R. B. Partida de reator anaeróbio compartimentado em série com um reator anaeróbio de manta de lodo, utilizando parâmetros de sedimentabilidade para formação da biomassa. Engenharia Sanitária Ambiental, v.20, n.4, p. 624, 2015.

[10] PFLUGER A. R.; CALLAHAN J. L.; STOKES-DRAUT J.; RAMEY D. F.; GAGEN S.; FIGUEROA L. A.; MUNAKATA-MARR J. Lifecycle Comparison of Mainstream Anaerobic Baffled Reactor and Conventional Activated Sludge Systems for Domestic Wastewater Treatment. Environmental Science & Technology 52, 10500−10510, 2018.

[11] RENUKA R.; MOHAN S. M.; RAJ S. A. Hydrodynamic behaviour and its effects on the treatment performance of panelled anaerobic baffle-cum filter reactor. International Journal Environmental Science and Technology, 2016.

[12] REYNAUD, N. & BUCKLEY, C. A. The anaerobic baffled reactor (ABR) treating comunal wastewater under mesophilic conditions: a review. Water Science. Technol. 73, 463–478, 2016.

[13] DA SILVA J. A.; SARTI A.; MAINTINGUER S.I.; KAISER I. M.; DA SILVA G. H. R.(a). Performance of an anaerobic baffled reactor with an aerobic chamber treating low-strength wastewater. Desalination and Water Treatment, 2017.

[14] DA SILVA J. A.; DA SILVA G. H. R.; SARTI A (b). Tratamento de esgoto sanitário de baixa carga utilizando reator compartimentado anaeróbio/aeróbio em escala piloto. Engenharia Sanitária Ambiental, vol.22, n.3, p. 539-549, 2017.

[15] SNIS 2019. 25° Diagnostico dos serviços de água e esgoto. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretária Nacional de Saneamento. Brasília, 2020.

[16] TRATA BRASIL(2020). Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em: 18 de agosto de 2021.

[17] TRILITA M. N.; HENDRASARIE N.; WAHJUDIJANTO I. Removal of organic load in communal wastewater by using the six stage anaerobic baffled reactor (ABR). MATEC Web of conferences, 2016.

[18] WIJAYA I M. W.; SOEDJONO E. S. Domestic wastewater in Indonesia: Challenge in the future related to nitrogen content. International Journal of GEOMATE, Vol.15, n. 47, p.32. Surabaya, Indonesia, 2018.

[19] YULISTYORINI A; CAMARGO-VALERO M. A.; SUKARNI S.; SURYOPUTRO N.; MUJIYONO M.; SANTOSO H.; RAHAYU E. T. Performance of Anaerobic Baffled Reactor for Decentralized Wastewater Treatment in Urban Malang, Indonesia. MDPI, 2019.

[20] YULISTYORINI A.; CAYARINI F. D.; MUJIYONO; SURYOPUTRO N.; SUKARNI. Enhanced treatment performance of anaerobic baffled filter reactor for domestic wastewater. AIP Conference Proceedings. Malang, Indonésia, 2020.

[21] ZHANG C.; ZHANG G.; WU F.; ZHOU T. Effect of ElasticFiller on Pollutant Removal in Each Compartment of ABR. Conference paper. Sustainability, 2020.

Capítulo 3

Análise da composição gravimétrica e do peso específico dos resíduos sólidos domiciliares de Jandaia (GO) como instrumento norteador ao Projeto de Educação em Saúde Ambiental "Cidade Resíduo Zero"

Diógenes Aires de Melo
George Humberto Guimarães
Fabíola Adaianne Oliveira
Marta Arce Brito
Erick Fellype Rodrigues

Resumo: A caracterização dos resíduos sólidos é uma das etapas mais importantes para o gerenciamento integrado. A partir do conhecimento dos índices físicos é possível propor soluções para o manejo dos resíduos, tais como dimensionamento de unidades de triagem de recicláveis, usinas de compostagem, de veículos e guarnições, além de implantação de infraestrutura como estações de transbordo e definição de estratégias de educação ambiental. O objetivo do trabalho foi determinar os índices físicos dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) do município de Jandaia (GO) como instrumento norteador de propositura das ações necessárias para o desenvolvimento do Projeto "Cidade Resíduo Zero Jandaia-GO Educação em Saúde Ambiental". O projeto visa combater a geração desenfreada de resíduos e a destinação inadequada no lixão. A partir dai, foi possível traçar estratégias de prevenção de resíduos baseados no Princípio dos 5R´s (1º R-Repensar, 2º R-Recusar, 3º R-Reduzir, 4º R- Reutilizar e 5º R-Reciclar). Jandaia é um município que ocupa uma área de 864,1 km^2 e possui 6.025 hab, e está localizado a 101 km da capital do Estado de Goiás, Goiânia (IBGE, 2020). Primeiramente, foi feita uma amostragem dos RSD a partir da primeira coleta de todos os domicílios de 5 bairros da cidade de Jandaia e todo o Distrito de Palmeúna, no dia 16 de abril de 2021. O caminhão de 12 m3 despejou os resíduos na área ao fundo do lixão para realização do quarteamento conforme ABNT NBR 10.007/2004. Em seguida, depois de obtida uma amostra representativa de cerca de 1 m3, foi determinado o Peso Específico e encontrado o valor de 115,17 kg/m3. Posteriormente, foram devolvidas as amostras à pilha e procedida a separação de todas as frações de interesse para determinação da Composição Gravimétrica a partir do percentual em peso de cada fração em relação à soma de todas as frações. Foram separadas 23 frações, agrupadas em oito principais categorias e encontrados os seguintes percentuais: 56,57% de matéria orgânica; 13,33% de plásticos; 9,79% de papel e papelão; 9,05% de rejeitos; 6,91% de roupas usadas e tecidos; 2,51% de vidros; 1,47% de metais e 0,37% de resíduos perigosos. Constatou-se que o percentual de orgânicos encontra-se acima da média nacional, que é 51,4% (MMA, 2012), o que é esperado para municípios menores, além de grande quantidade de plásticos, papéis e roupas usadas, que poderiam ser coletados seletivamente, reutilizados, recuperados ou reciclados. Como proposta foi elaborada a Matriz Problema-Solução-Ação apontando o que fazer com cada tipo de resíduos baseado no Princípio dos 5R´s e quais aqueles que deveriam ter maior significância nas práticas resíduo zero.

Palavras-Chave: Resíduos Sólidos, Composição Gravimétrica, Peso Específico, Resíduo Zero, Jandaia.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos gerados pela humanidade sempre foram uma problemática importante a se tratar. A mudançados padrões de consumo e modelo de produção atual, fez com que este problema se acentuasse a partir das últimas décadas do século XX. Os avanços tecnológicos e implantações de sistemas de reciclagem ainda não estão sendo suficientes para solucionar o problema da geração de resíduos (LIMA, 2015).

Para a elaboração de qualquer projeto de educação ambiental relativo aos resíduos sólidos de uma determinada localidade, é preciso conhecer as características desses resíduos, a fim de que sejam propostas ações capazes demudar a realidade local.

Há resíduos com diferentes características que devem ser manejados, tratados e dispostos de acordo com sua natureza e riscos que oferecem à população e ao meio ambiente (ABNT, 2004b). Esta normativa classifica os resíduos em:

- Classe I (Perigosos); e
- Classe II (Não Perigosos), sendo que essa última é subdividida em:
  - Classe II A (Não Inerte); e
  - Classe II B (Inerte).

Além do mais, cada tipo de resíduo pode apresentar diferentes possibilidades de não serem gerados, de serem reduzidos, reutilizados, reciclados e/ou recuperados.

As características físicas, químicas e biológicas dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) podem variar em função dos aspectos sociais, econômicos, ambientais, culturais, geográficos, climáticos, dentre outros, que diferenciam um país, as localidades e os próprios municípios entre si (IBAM, 2001).

A partir da composição gravimétrica e do peso específico dos RSD é possível:

- dimensionar estações de transbordo, pátios de compostagem, centrais de triagem e de reciclagem e aterros sanitários de rejeitos sólidos;
- estudar a viabilidade de reciclagem e reuso dos materiais recuperáveis presentes nos resíduos sólidos;
- definir o cálculo de cobrança de taxa de lixo ou faturamento dos serviços de limpeza urbana para fins de orçamento propondo melhorias ao sistema de limpeza urbana;
- identificar os tipos de resíduos que merecem atenção especial devido ao volume, à periculosidade, ou ao potencial econômico, dentre outras características, definindo a forma de acondicionamento, de reuso e os locais de destinação, além das formas de abordagem para mobilização e educação ambiental comagentes ambientais, de saúde ou sanitários e população em geral;
- propor metas de prevenção e minimização de resíduos de modo a cumprir o planejamento das ações propostas no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos; e
- definir de forma mais assertiva as estratégias prioritárias de “não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”, descritas no Art. 9º, da Lei Federal nº. 12.305/2010, e que devem ser contempladas nas etapas de projetode educação ambiental resíduo zero.

Da mesma forma, é preciso conhecer as características dos resíduos para que seja possível o manejo seguro e adequado dos resíduos sólidos urbanos, desde sua geração, passando pela redução, reutilização, identificação, segregação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento (reciclagem, compostagem, etc), destinação final ambientalmente adequada dos resíduos (recuperação, etc) até a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos sólidos. Por sua vez, os resíduos possuem características de ordem:

- Física;
- Química; e
- Biológica.

A partir da caracterização física dos RSD já é possível identificar problemas e oportunidades para estabelecer uma gestão integrada dos resíduos sólidos, e contar com indicadores para avaliar as ações. No caso de Jandaia,a caracterização física dos RSD foi composta pela determinação dos dois principais índices físicos:

1) Peso Específico expresso em kg/m^3; e a
2) Composição Gravimétrica, por meio da distribuição percentual de cada fração presente nos RSD coletados e dispostos na área de disposição final do município.

A análise serviu de base para definir as práticas resíduo zero de forma alinhavada com as políticas de resíduos sólidos, de saúde, de educação e de meio ambiente, visto que atualmente tais resíduos estão sendo encaminhados inadequadamente à área de disposição final do município de Jandaia-GO, representando riscos à saúde públicae ao meio ambiente da população. A importância da realização deste levantamento é de:

- checar se é possível identificar benefícios nas atuais estratégias e ações de redução, reuso e reciclagemna massa de resíduos coletados e dispostos na área atual (lixão);
- confirmar se haveria viabilidade de destinação mais nobre destes materiais recuperáveis (orgânicos e inorgânicos) presentes nos resíduos sólidos de Jandaia;
- conhecer o perfil de consumo da população para que o Princípio dos 5R´s, incluindo o repensar e o recusar, abordasse diretamente os materiais destinados atualmente como resíduos e os hábitos de consumo; e
- dar base para a aplicação do Princípio dos 5R´s para cada um dos principais tipos de resíduos (tanto recuperáveis quanto os rejeitos) que têm impactado negativamente e diretamente no serviço de limpeza urbana e na área de disposição final, e, consequentemente, representando um risco à qualidade ambiental e à saúde da população de Jandaia.

2. OBJETIVOS

Conhecer a composição gravimétrica e o peso específico dos resíduos sólidos domiciliares do município de Jandaia (GO) como instrumento norteador de propositura das ações necessárias para o desenvolvimento do Projeto “Cidade Resíduo Zero Jandaia-GO Educação em Saúde Ambiental”. O presente trabalho teve os seguintes objetivos específicos:

- determinação da Composição Gravimétrica dos RSD;
- determinação do Peso específico dos RSD;
- conhecimento sobre o perfil de consumo da população; e a
- proposição de diretrizes para a realização das ações a partir das inferências extraídas da análise física.

3. METODOLOGIA UTILIZADA

Antes de iniciar os trabalhos de caracterização dos resíduos sólidos, foi preciso conhecer os aspectos ambientais,sanitários, sociais, econômicos, culturais, políticos e educacionais de Jandaia, e ainda a gestão no município, envolvendo o funcionamento dos serviços de limpeza urbana e de gerenciamento dos resíduos sólidos.

O município se estende por 864,1 km^2, possui 6.025 habitantes, conforme estimativas para 2020 (IBGE, 2020),e está localizado a 101 km de Goiânia, capital do Estado de Goiás.

Jandaia, está localizada no Bioma “Cerrado”, conhecido também como savana, o qual abriga uma das maiores biodiversidades do mundo, dentre inúmeras espécies de plantas nativas. A área insere-se regionalmente na Mesorregião do Sul Goiano, na Microrregião do Vale do Rio dos Bois situado entre o Morro do Segredo e a Serra do Boqueirão, a 637 m de altitude, sendo o clima predominante tropical úmido (IBGE, 2017).

O município de Jandaia possui a cidade de Jandaia como sede administrativa e o distrito de Palmeúna, como pode ser visto nas fotos aéreas das Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Foto Aérea Da Cidade De Jandaia-Go

Figura 2 - Foto Aérea Do Distrito De Palmeúna

Jandaia apresenta 16,3% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 99,3% de domicílios urbanos em vias públicas e 9,8% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

Segundo dados do IBGE, o município em 2018 obteve um PIB *per capta* de R$ 40.353,89, sendo a soma de todos os bens e serviços produzidos na região, considerado o termômetro do desenvolvimento regional (IBGE,2020).

Jandaia hoje tem sua economia pautada na agropecuária, se destacando também na agricultura através do cultivo de cana-de-açúcar que predomina sobre as demais culturas. Também se destaca pela geração de empregos proveniente de algumas indústrias, tanto na produção de álcool como na extração de minérios.

Conforme o levantamento do IBGE (2018), o número de alunos, professores e escolas no município podem servistos na Tabela 1 com os dados educacionais de Jandaia em 2018.

Tabela 1 – dados educacionais de jandaia-go (2018)

Descrição	Quantidade
Alunos	1.077
Professores	70
Escolas Municipais, Estaduais e Privada	5

Fonte: IBGE (2018)

No município de Jandaia, a limpeza urbana, tem sido um tema de muita preocupação para promover saúde e qualidade de vida à população. No "Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos", elaborado em 2011, é apontado ações como "criar um padrão de gestão, relacionado à coleta de lixo, ao serviço de varrição, de jardinagem, de capina e de roçagem". A cidade hoje, conta com 40 funcionários na limpeza urbana, além do pessoal de varrição que fazem a coleta e a limpeza do distrito de Palmeúna, tendo como apoioos seguintes maquinários:

- 1 caminhão compactador;
- 1 caminhão basculante;
- 1 retroescavadeira; e
- 1 trator motocana.

A coleta seletiva, importante instrumento da reciclagem e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos recicláveis do município, beneficiou 1 família de 2 catadores fixos e 2 sazonais num primeiro momento. A coleta seletiva passou por duas modalidades (por campanha de arrecadação e por entrega voluntária) apresentando o seguinte histórico de resultados no município:

- **Dezembro / 2017:** início do serviço de coleta seletiva com o Projeto Troca Sustentável em que os recicláveis separados e entregues pela população eram trocados mensalmente por um sacolão de verduras em quantidade proporcional à quantidade de recicláveis em peso. Em dezembro de 2017, o projeto arrecadou 1 t, chegando ao pico de 4 t/mês e se estabilizando numa média de 3 t/mês até fevereiro de 2019; e

- **Março / 2019:** é substituída a modalidade de campanha de troca por alimentos pelo Projeto Ecoenel, que consiste na entrega voluntária de recicláveis trocados por peso de cada uma das categorias por descontos na conta de energia elétrica, e que arrecadou 800 kg/mês em março de 2019 até fevereiro de 2020, paralisado no período pandêmico de março a julho de 2020, retornado de agosto de 2020 a dezembro de 2020 e reduzido para 400 kg/mês, paralisado entre janeiro e abril de 2021, e retomado em maio de 2021.

Para a análise da composição gravimétrica e do peso específico dos resíduos sólidos domiciliares de Jandaia foi preciso extrair uma amostra representativa dos RSD de Jandaia-GO, com base na NBR 10.004/2004 (ABNT,2004), para a qual foi estabelecido o seguinte procedimento:

- planejamento da amostragem dos RSD;
- determinação do Peso Específico e da Composição Gravimétrica; e
- propositura de diretrizes e ações para o desenvolvimento do projeto de educação em saúde ambiental.

4. PLANEJAMENTO DA AMOSTRAGEM DOS RSD

Antes de determinar os índices físicos de uma massa de resíduos sólidos, é necessário saber se tal massa representa o universo amostral de sua análise e se o método utilizado na determinação é o mais indicado para cumprir o objetivo de tal levantamento.

Portanto, foi elaborado um planejamento da coleta e da preparação de uma amostra dos resíduos sólidos do município de Jandaia-GO, incluindo tanto a cidade-sede quanto o distrito de Palmeúna no universo amostral, e que fosse representativa, em termos quantitativos e qualitativos; visto que, segundo ABNT (2004a), um plano de amostragem deve ser estabelecido antes de se coletar qualquer tipo de amostra. Alinhando tal norma com o caso dos RSD de Jandaia, definiu-se:

- o universo amostral;
- a rota de coleta e os pontos de amostragem;
- o dia e o horário da coleta;
- o volume da amostra;
- a equipe;
- os equipamentos; e
- a preparação da amostra pelo método do Quarteamento.

O dia escolhido foi 16 de abril de 2021, uma sexta-feira, visto que somente nas terças e sextas-feiras é que a coleta recolhia resíduos nas duas localidades do município. A terça-feira foi excluída por conter uma geração de resíduos do final de semana que geralmente é bem superior que os demais dias da semana. Foi adotada a mesma rota do caminhão de coleta no dia e mês escolhido, e recolhidos os resíduos de todos os pontos de armazenamento temporário, dispostos pela população para a coleta, sendo utilizado como base a programação das rotas de coleta de RSD apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Programação Semanal Das Rotas De Coleta Em De Jandaia E Distrito De Palmeúna-Go

Turno/classe social	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex
Matutino 6:00 Classe alta Classe média	Rota 1 (25% Jandaia)	Rota 5 (5 bairros Jandaia)	Rota 7 (5 bairros Jandaia)	Rota 9 (5 bairros Jandaia)	Rota 11 (5 bairros Jandaia + Palmeúna)
	Rota 2 (25% Jandaia)				
Vespertino12:30 Classe médiaClasse baixa	Rota 3 (25% Jandaia)	Rota 6 (Palmeúna + 6 bairros Jandaia)	Rota 8 (5 bairros Jandaia)	Rota 10 (5 bairros Jandaia)	Rota 12 (5 bairros Jandaia)
	Rota 4 (25% Jandaia)				

A equipe da caracterização dos resíduos foi formada por diferentes profissionais da Prefeitura Municipal de Jandaia e da consultoria especializada, como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade E Função Dos Trabalhadores Da Prefeitura E Consultoria Envolvidos Na Coleta E Caracterização Dos Resíduos Realizadas No Dia 16 De Abril De 2021 Em Jandaia-Go

Serviço	Entidade	Função	Qtde
Coleta da amostra	Prefeitura	motorista	1
		coletores	2
		acompanhamento e registro fotográfico	1
	Consultoria		1
Sub-total de trabalhadores da coleta			**5**
Caracterização	Prefeitura	triadores	2
		Operador de pá carregadeira	1
		registro fotográfico e anotações (mesma pessoa da etapade coleta)	1
	Consultoria	Triadores e balanceiro, além de 1 profissional daconsultoria que estava na fase de coleta	4
		Supervisão (acompanhamento, orientação, triagem,pesagem, etc)	1
Sub-total de trabalhadores da caracterização			**9**
Total de trabalhadores (descontando os 2 que estiveram nas 2 etapas)			**12**

Não foram encontrados aplicativos de traçado de rota específicos para coleta de resíduos, no entanto, foi utilizado o APP Strava, que registra distância percorrida, tempo de percurso, o traçado da rota, para atividades ou equipamentos esportivos e que foi facilmente adaptado. O equipamento que mais se aproximava da velocidade do caminhão de coleta foi o *velomobile* ou *e-bike*, e, portanto, foram acionadas uma destasmodalidades no aplicativo.

Foram utilizados diversos materiais e equipamentos no trabalho de campo, estes encontram-se descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Equipamentos E Materiais Na Coleta E Caracterização Dos Resíduos Realizadas No Dia 16 De Abril De 2021 Em Jandaia-Go

Serviço	Equipamentos / Materiais	Descrição	Qtde
Coleta da amostra	Equipamentos	Caminhão compactador de aproximadamente 12 m³	1
		Automóvel para acompanhamento e registro	1
		APP Strava para marcação de rota, velocidade,tempo e quilometragem	1
		Conjunto de equipamentos de proteção individial(luvas, máscara, uniforme, bota)	2
		Smartphone para registro fotográfico e filmagemtanto na coleta quanto na caracterização	1
	Materiais	Conjunto de prancheta, planilhas e caneta pararegistro de dados	1
Sub-total de itens utilizados na coleta			**7**
Caracterização	Equipamentos	Pá carregadeira	1
		Balança suspensa digital precisão de gancho – faixade peso de 100 g a 300 Kg (CBRN02665)	1
		Smartphone para registro fotográfico e filmagem,além do anterior	1
	Materiais	Conjunto de equipamentos de proteção individial(luvas, máscara, óculos, avental, bota, chapéu)	8
		Enxada	4
		Rastelo	3
		Pá	3
		Lona plástica preta de cera de 10 x 10 m	1
		Tenda (3 x 3 m) para apoio aos trabalhos	2
		Sacos plásticos pretos de 100 litros paraacondicionamento de resíduos	30
		3 m corda para fixação da balança	1
		3 m corda para fixação e pesagem dos tambores	1
		Tambores de 100 litros	3
		Garrafa térmica para água	2
		Conjunto de materiais de papelaria para registro e identificação (papel, pincel atômico, caneta,prancheta, planilhas, fita crepe).	2
Sub-total de itens utilizados na caracterização			**9**
Total de trabalhadores (descontando os 2 que estiveram nas 2 etapas)			**12**

Foi definido que o volume da amostra final para determinação dos índices físicos fosse em torno de 1 m³ a fim de facilitar o processo de separação de todas as frações para a determinação da composição gravimétrica.

Para a realização do quarteamento para extração da amostra representativa de resíduos para serem caracterizados fisicamente segundo os índices físicos, objeto deste documento, foi seguido o passo-a-passo descrito na NBR 10.007/2004 (ABNT, 2014a), como pode ser visto na Figura 7 deste trabalho.

5. DETERMINAÇÃO DO PESO ESPECÍFICO APARENTE

Para determinar o Peso Específico dos resíduos, foram extraídos da amostra representativa de cerca de 1 m³ o equivalente a três tambores plásticos de 100 litros. Os tambores foram preenchidos em todo o seu interior, porém, sem a necessidade de compactação, seguindo a metodologia do Instituto Brasileiro de Administração Pública (IBAM, 2001).

Após o preenchimento, foram pesados os três tambores. Depois de subtraídas as taras dos tambores, foram obtidos os pesos das massas dos resíduos presentes em cada tambor. Por meio da Equação 1, foi possível obtero Peso Específico dos resíduos de cada tambor.

$$\mathbf{Y = P/V} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

Y é o Peso Específico aparente expresso em kg/m^3;

P é o peso da massa de resíduos de cada tambor, descontada a tara do tambor, expressa em kg; e V é o volume de cada tambor expresso em m^3.

Por fim, o Peso Específico Aparente foi encontrado por meio da média aritmética dos valores encontrados paraas três amostras pesadas nos tambores. Na Figura 3 pode ser visto a pesagem de um dos tambores, o que foi feito com os demais.

Figura 3 - Pesagem Dos Tambores

Após a determinação do Peso Específico Aparente o conteúdo dos tambores foi retornado à pilha da amostraextraída do Quarteamento para posterior determinação da Composição Gravimétrica.

6. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

A partir da amostra representativa obtida no Quarteamento (Figura 7), foi determinada a composição gravimétrica a partir do seguinte procedimento:

- foi feita a separação dos resíduos em frações;
- depois de separados os resíduos, foi pesada cada fração;
- com o peso de todas as frações, obteve-se o peso total da amostra;
- dividindo o peso de cada uma das frações pelo peso total da amostra e multiplicado por 100, foramobtidos os percentuais de cada fração em relação ao total de frações; e
- a partir dos percentuais foi obtido o gráfico de pizza da composição gravimétrica dos RSD.

7. DEFINIÇÃO DO PERFIL DE CONSUMO DA POPULAÇÃO

Definir o perfil de consumo é algo bastante complexo, principalmente porque não é algo estático e sim dinâmico, onde fatores como a pandemia e a revolução 4.0 ganha proporções que dificultam uma definição precisa. O queé consumido depende de quem consome, que é o consumidor.

Para definir o consumidor é preciso conhecer características como: idade, localidade (urbana ou rural), renda, dentre outras.

Para definir o consumo é preciso entender hábitos como: alimentação, transporte, turismo (viagens e lazer), educação, etc.

Uma das formas de entender o perfil do consumo e relacioná-lo à mudança de hábito no sentido de promover ações de consumo consciente, é caracterizar os resíduos sólidos. A partir dos resíduos, é possível entender também o que a população consome e descarta, e então, propor ações para combater a geração dos resíduos, osmaus hábitos e o mau gerenciamento dos resíduos. A tônica neste estudo é o que vem sendo descartado no consumo estimulando o consumidor a se tornar ser um cidadão consciente.

Nesse sentido, a partir da determinação dos índices físicos dos resíduos (peso específico e composição gravimétrica), além de observações durante a amostragem na coleta dos resíduos, foi possível fazer inferênciasacerca do consumo em Jandaia e, a partir daí, fazer apontamentos para a proposição de ações do Projeto "CidadeResíduo Zero Jandaia-GO Educação em Saúde Ambiental".

8. PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA AS AÇÕES HÁ SEREM REALIZADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Por meio da análise dos dados e discussões realizadas acerca de todo o levantamento gravimétrico foi possível fazer várias inferências acerca das características dos resíduos, da gestão dos resíduos e do perfil de consumo da população de Jandaia-GO; e a partir daí, foi proposta a Matriz de Decisão Problema-Solução-Ação.

A Matriz é composta de três partes sequenciais:

1º) PROBLEMA: foram identificados os pontos críticos que necessitam de intervenção;

2º) SOLUÇÃO: foram apontadas diretrizes que visam apresentar soluções ou alternativas para cada problema listado; e

3º) AÇÃO: última parte da matriz em que são listadas as ações que deverão ser realizadas nas próximas etapas no sentido de mudar o *status quo* de Jandaia em relação à saúde ambiental e à situação dos seus resíduos sólidospor meio da educação que será promovida ao longo do Projeto junta à população.

9. RESULTADOS OBTIDOS

O caminhão da coleta de RSU passou nos cinco bairros da cidade de Jandaia: Padre Guilherme, Bela Vista, Vila Maria, Centro, Vila Nova e Morada Nova (correspondendo a 50% dos bairros); e no distrito de Palmeúna.

No dia 16 de abril de 2021, houve falha no registro da rota, e só foi possível registrar a rota na cidade de Jandaia,com o uso do APP Strava.

Como a coleta em Jandaia é regular, em que cada rota em seu dia é executada igualmente ao longo das semanas do ano, ou seja, toda 6ª feira, a coleta é repetida, assim como nos demais dias da semana, foi considerada a rotado dia 23 de abril de 2021, dia da pesagem, visto que neste dia foi possível registrar todo o percurso, conformemostrado na Figura 4.

Figura 4 - Rota De Coleta Do Caminhão De Rsd No Distrito De Palmeúna-Go Em 23/04/21

Foram percorridos ao todo 67,79 km (65,69 km da saída de Jandaia, passando por Palmeúna e chegando no trevo de Jandaia-saída para o lixão, mais 2,1 km do trevo até o fundo do lixão), entre 5:00 am e 9:45 am, portanto,4 horas e 45 minutos de coleta e transporte até a área de disposição final de RSU de Jandaia-GO. A distância percorrida pelo trajeto do caminhão foi acompanhada pela equipe técnica, que utilizou o aplicativo Strava, sendotambém realizado o registro fotográfico das ações e da coleta, conforme mostrado na Figura 5.

Figura 5 - Coleta Manual de Rsd

A coleta é manual e apresenta algumas dificuldades, resultantes tanto da coleta quanto do acondicionamento, como o fato de que nem todas residências possuem lixeiras suspensas e, portanto, os coletores precisam abaixar a coluna para coletar uma carga no chão e muitas vezes, em recipientes não apropriados como caixas com fundofrágil, sacos que facilmente se rasgam ou latas vazadas, o que, além de espalhar os resíduos no logradouro público, ainda pode provocar acidentes ou doenças do trabalho, e ainda prejudicar o rendimento da coleta devidoao retrabalho de coletar os resíduos despejados ou que caem no chão, levando mais tempo para a finalização do serviço.

Após a coleta das amostras correspondentes à 1ª rota (viagem) do caminhão do dia 16 de abril de 2021, e considerada uma rota representativa, os resíduos foram encaminhados para o fundo da área de disposição final de resíduos sólidos e despejados na lona, conforme Figuras 6 e 7, para posteriormente ser preparada a amostra.

Figura 6 - Chegada Do Caminhão E Despejo Da Coleta De Rsd No Fundo Da Área De Disposição Final Para A realização da caracterização e realização de plano de amostragem para posterior caracterização

Após o despejo dos resíduos na lona, foi realizado o quarteamento conforme figura 7.

Figura 7 - fluxograma de preparação da amostra representativa pelo método do quarteamento para posterior caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares de jandaia-go em 16 de abril de 2021

9.1. PESO ESPECÍFICO

Foi encontrado o Peso Específico Aparente a partir da média aritmética do peso específico de cada tambor de 100 litros cheios de resíduos como pode ser visto na Figura 08.

Figura 8 - tambores de 100 litros cheios para a pesagem

A determinação do Peso Específico Aparente e valores encontram-se apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – determinação do peso específico aparente dos resíduos sólidos domiciliares dejandaia-go em 16 de abril de 2021

Amostra	Peso (kg)	Volume (m^3)	Pesos específicos (kg/m^3)
1	9,85	0,1	98,5
2	13,00	0,1	130
3	11,70	0,1	117
Peso específico aparente (kg/m^3)			115,17

9.2. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

Depois de determinado o Peso Específico, os resíduos voltaram para a amostra onde foi procedida a separação das frações conforme definição apresentada na Figura 8. Após a separação de cada uma das oito frações e 23 respectivas sub-frações, foi encontrado o peso de cada uma em kg e obtido o percentual em relação à massa total, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Composição gravimétrica detalhada dos resíduos sólidos domiciliares de Jandaia-Go em 2021

Fração	Sub-fração	Peso da sub-fração (Kg)	Percentual da sub-fração (%)	Peso da Fração (Kg)	Percentual da fração (%)	Percentual da sub-fração em rel. a fração (%)
MATÉRIA ORGÂNICA e OUTROS	Alimentos, solo e ciscos de varrição, sabugos, podas, capinas, etc	44,35	54,25%	46,25	56,57%	95,89%
	madeiras	1,55	1,90%			3,35%
	Artesanato de palha e madeira	0,35	0,43%			0,76%
PLÁSTICOS	PEBD - sacos	2,75	3,36%	10,90	13,33%	25,23%
	PET	2,00	2,45%			18,35%
	PEAD – sacos	1,80	2,20%			16,51%
	PEAD - vasilhames	1,50	1,83%			13,76%
	PVC	1,05	1,28%			9,63%
	Copo descartável	0,55	0,67%			5,05%
	PS - isopor	0,55	0,67%			5,05%
	PEBD – embalagens	0,35	0,43%			3,21%
	PU e PP (sacos de ráfia)	0,35	0,43%			3,21%
	Plástico metalizado	< 0,01	0,00%			0,00%
PAPEL	Papelão	6,40	7,83%	8,00	9,79%	80,00%
	Branco e misto	1,30	1,59%			16,25%
	Embalagens Longa Vida	0,30	0,37%			3,75%
REJEITOS	Sanitários, lacres, papel carbono, fita crepe e adesiva usados, máscaras.	7,40	9,05%	7,40	9,05%	100,00%
ROUPAS USADAS	vesturário, mochila e travesseiro	5,65	6,91%	5,65	6,91%	100,00%
VIDROS	Garrafas ou seus cacos	2,05	2,51%	2,05	2,51%	100,00%
METAIS	Ferrosos	0,70	0,86%	1,20	1,47%	58,33%
	Não-ferrosos (CU, AL, aço inoxidável)	0,50	0,61%			41,67%
PERIGOSOS	Embalagens de Óleo Lubrificante	0,30	0,37%	0,30	0,37%	100,00%
	Medicamentos vencidos / blister	< 0,01	0,00%			0,00%
TOTAL		81,75	100,00%	81,75	100,00%	—

A partir da tabulação dos dados dos pesos detalhados de todas as 23 sub-frações, pôde-se encontrar o percentual de cada uma delas.

Começando a análise dos dados, do mais geral ao mais específico, foram elaborados gráficos de pizza para os três principais tipos dos RSD (Figura 9), para os seis principais tipos (Figura 10), depois para as oito frações (Figura 11), e por último, para todas as 23 sub-frações pré-definidas (Figura 12), respectivamente apresentados a seguir.

Figura 9 - composição gravimétrica dos três tipos de resíduos domiciliares de Jandaia-Go em 2021

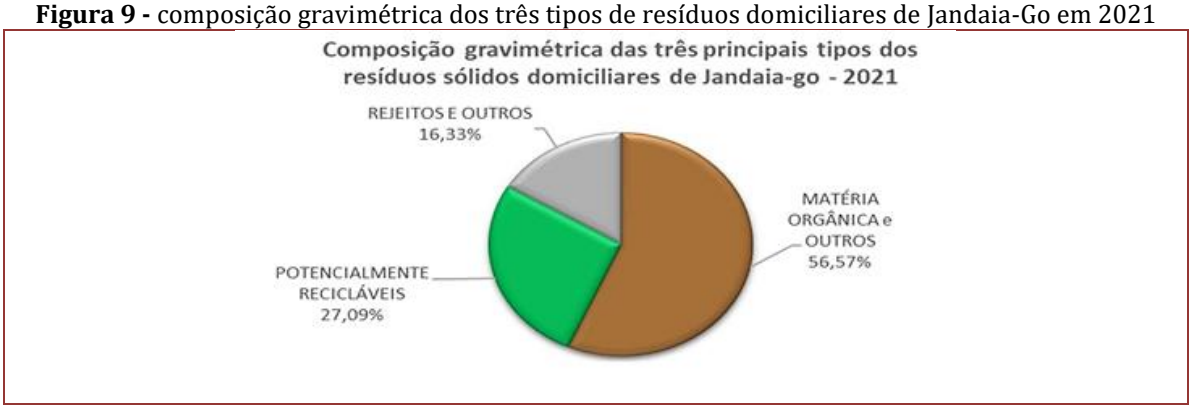


Figura 10 - Composição Gravimétrica dos seis principais tipos de resíduos sólidos domiciliares de Jandaia-Go Em 2021

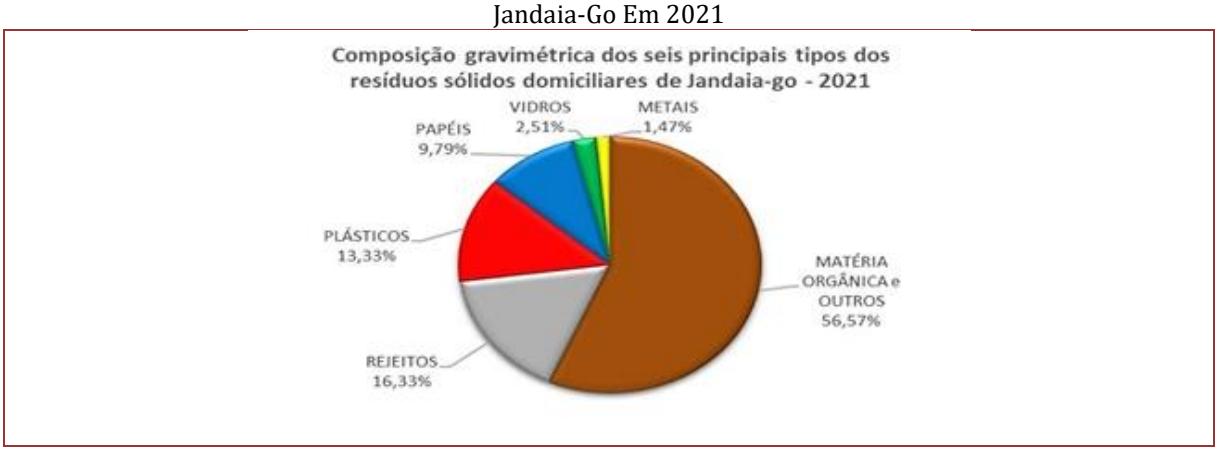
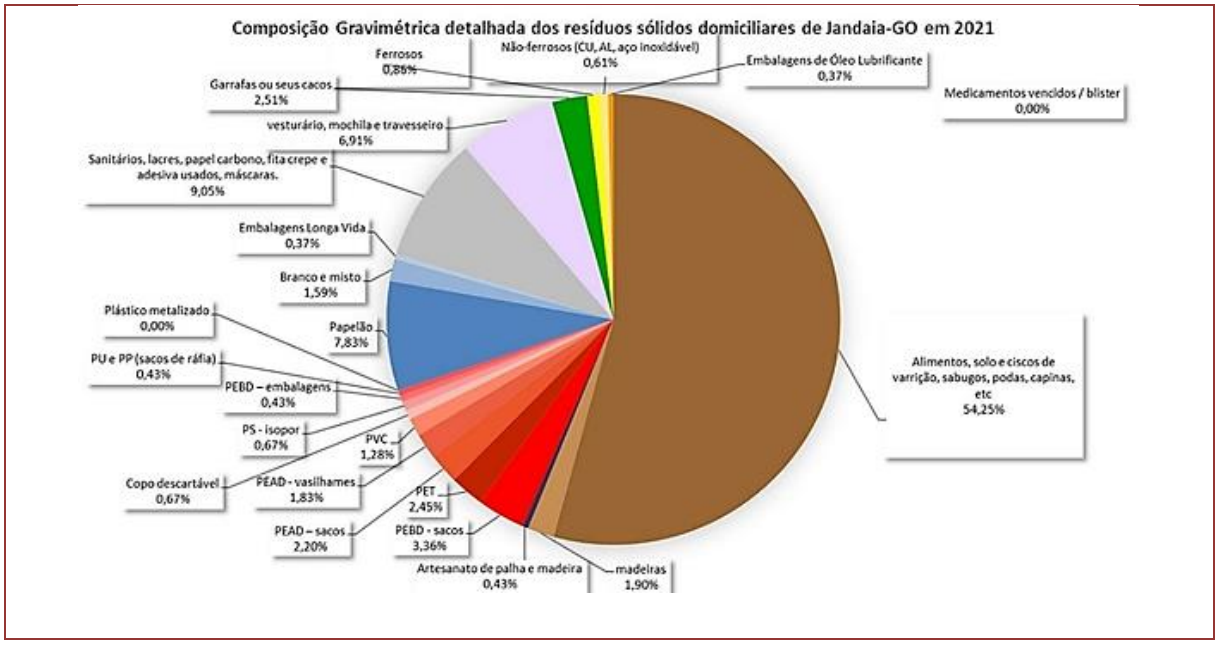


Figura 11 - composição gravimétrica geral das oito frações de resíduos sólidos domiciliares de jandaia-go em 2021

Figura 12 - Composição Gravimétrica Detalhada Dos Resíduos Sólidos Domiciliares De Jandaia-Go Em 2021



9.3. PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA AS AÇÕES A SEREM REALIZADAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

No quadro a seguir é possível identificar a Matriz de Decisão Problema-Solução-Ação diretiva para as próximasetapas do Projeto.

Quadro 1 - Matriz de Decisão Problema-Solução-Ação Diretiva para as próximas etapas do projeto

Etapa	PROBLEMA (Identificação depontos críticos)	SOLUÇÃO (Apontamento de Diretrizes Resolutivas)	AÇÃO (Ações Propostas para o Projeto)
Coleta	**Grande ocorrência de acondicionamento inadequado** (embalamento com sacos plásticos ou caixa de papelão inadequados que se abrem ou rasgam facilmente) o que: - dificulda a coleta com a queda de resíduos, rasgamento ou vazamento nos sacos ou caixa que se abrem durante a coleta manual; - resulta em retrabalho para limpar as vias que acabam tendo resíduos caindo dos sacos ou caixas; - acaba atrasando o serviço de coleta; - compromete a qualidade dos serviços.	- exigir dos domicílios residências o **embalamento adequado dos resíduos** com sacos plásticos de 50 ou 100 litros na cor preta para os rejeitos; - **proibir a colocação de rejeitos** (aqueles resíduos que vão para a disposição final) **em caixas de papelão ou sacos plásticos** que abrem ou rasgam facilmente; - **orientar a população para separar** papéis, papelões, vidros, metais e plásticos recicláveis para a reciclagem (Ecoenel);	- realização de **campanhas para o adequado acondicionamento** (embalamento) dos resíduos e proibição de sacos frágeis ou caixas de papelão; - **campanhas de separação adequada para a reciclagem;** **- exigir dos grandes geradores a separação adequada dos recicláveis** e destinação para local adequado**;**
	Grande número de pontos de armazenamento externo inadequado: falta de lixeiras suspensas nas calçadas dos domicílios de pequenos geradores (residências ou pequenos comércios que geram menos de 200 litros/dia) **Coleta manual inadequada** com estiramento completo da coluna vertebral acarretando doenças ou acidentes ocupacionais	- exigir a **instalação de lixeiras suspensas** ou implantar no mínimo 1 a cada 2 residências (na divisa dos lotes) para evitar que os resíduos sejam levados pela chuva entupindo bueiros, bocas-de-lobo, cursos d´água ou ainda que animais rasguem e espalhem os resíduos pelos logradouros. **- orientar os coletores** a agacharem ao invésde estirarem a coluna (Figura 10),sendo o ideal que cada coletor carregasse cerca de1 saco de 100 litros em cada mão.	- elaboração de **Manual de Padronização de Instalação de Lixeiras** Recomendadas segundo as normas como a NBR 9050 e outras; - **instalação de lixeiras** em escala piloto em bairros mais pobres por parte da Prefeitura como modelo; - regulamentação exigindo a instalação de lixeiras por meio de **Instrução Normativa da Vigilância Sanitária ou Legislação Municipal**; - implantação da **ginástica laboral** aos coletores com orientação ergonométrica adequada para a coleta; **palestra sobre Saúde e Segurança do Trabalho** com coletores, chefes e motoristas;

Quadro 1 - Matriz de Decisão Problema-Solução-Ação Diretiva para as próximas etapas do projeto(Continuação)

Etapa	PROBLEMA (Identificação depontos críticos)	SOLUÇÃO (Apontamento de Diretrizes Resolutivas)	AÇÃO (Ações Propostas para o Projeto)
Caracterização Física dos Resíduos Sólidos	**Orgânicos:** alta percentual em relaçãoaos demais resíduos, ainda que o municípiode pequeno porte geremais orgânicos que embalagens	- **destinação final ambientalmen te adequada dos orgânicos** pela: Doação de verduras, frutas, alimentos a instituições beneficentes ou pessoas carentes; Doação para alimentação de animais (porcos, galinhas, cães e gatos); compostagem emsuas várias modalidades	- realização de **Oficinas de Compostagem Domiciliar;** - reforço de **Oficinas de Compostagem** nasescolas; - promover campanhas no comércio para vendamais barata das **frutas feias ou alimentos próximos do vencimento;** - ministração de **palestras de compostagem** para a população em geral; - disponibilização de **material educativo para a realização da compostagem** em suas várias modalidade (domiciliar- em balde, pneu, de chão,em pálete, pelo método Takakura, com ou sem minhocas- comercial, comunitária, escolar, de médio porte, etc) - promover **feiras de produtos e alimentos orgânicos / ou venda delivery** com realização de atividades de educação ambiental;
	Papelão: alta taxa de geração e descarte de papelão **Plásticos:** alta geraçãode plásticos, principalmente sacos plásticos, PET e vasilhames.	- separar e encaminhar os papelões para acoleta seletiva; - separar e encaminhar os plásticos para acoleta seletiva; - reduzir o uso de plásticos;	- melhorar a divulgação da **coleta seletiva nacidade;** - notificar grandes geradores para **realizar a coleta seletiva** previsto em seu Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos para o licenciamento ambiental de sua atividade; - implantar **campanhas de uso de sacolas retornáveis** (ecobags) com desconto no uso em contraposição ao uso indiscriminado de sacolas plásticas; - **distribuir algumas ecobags** com a logo do Projeto para divulgar o projeto e estimular o uso deretornáveis ao invés do descartável; - criar **campanhas de arrecadação** de tampas de garrafas como o **Projeto Tampatas**;
	Roupas usadas: altas taxas de descarte de roupas usadas; **Rejeitos:** altas taxas de geração de rejeitos **Perigosos**: foram encontrados resíduos perigosos como óleo lubrificantes, seringas, medicamentos vencidos que deveriamser objeto da logística reversa no comércio.	- promover uso sustentável de roupas usadas; - reduzir a geraçãodos resíduos; - promover a logística reversa de óleos lubrificantes ede medicamentos vencidos, promover a destinação final adequada de perfuro-cortantes (resíduos dos serviços de saúde);	- promover **campanhas de doação de roupas e agasalhos** para a comunidade carente; - promover **Oficinas de Reaproveitamento de Retalhos, Tecidos;** - promover **Oficina de Reaproveitamento de Camisetas em Sacolas Retornáveis;** - incentivar e promover **Oficinas de Artesanato de tapetes** e outros utensílios com retalhos, tecidos e roupas usadas; - incentivar o **uso sustentável de retalhos, tecidose trapos nas confecções e facções;** - realizar **Lives e entrevistas em rádio** de **Uso alternativo de Produtos para Redução de Resíduos** (buchas vegetais, fabricação de sabãocaseiro, etc); - promover a **logística reversa** na rede de comércioe prestadores de serviço de troca de óleo; promover a **logística reversa com campanhas** junto às farmácias e drogarias; - elaboração do **Manual de Boas Práticas Resíduo Zero e Destinação Final Ambientalmente Adequada** para todos os tipos de resíduos da cidade; promover de forma interativa a **elaboração conjunta do Manual** com a rede de saúde, ensino elimpeza urbana, junto aos multiplicadores e Núcleo de Educação em Saúde Ambiental.

Quadro 1 - Matriz de Decisão Problema-Solução-Ação Diretiva para as próximas etapas do projeto(Continuação)

Etapa	PROBLEMA (Identificação depontos críticos)	SOLUÇÃO (Apontamento de Diretrizes Resolutivas)	AÇÃO - (Ações Propostas para o Projeto)
Perfil de Consumo	- alta taxa de descartede produtos que poderiam ser melhor aproveitados	- estimular o **consumo consciente** nacidade;	- **melhorar a divulgação** do Projeto de Redução de Resíduos por meio da **confecção de camisetas** e uso nas lives do Projeto por parte dos multiplicadores (Núcleo de Educação em Saúde Ambiental) - estimular **o comércio a granel** com desconto na compra; - estimular o **consumo de produtos naturais x o industrializado;** - estimular **o plantio de hortaliças** (tanto em residências quanto nas escolas quanto em centros comunitários ou praças) para prover alimento de qualidade, com custo menor e ainda com menor ou quase nada geração de resíduos x a compra de alimentos que gera muitos resíduos; - **criação do programa de rádio** para levar informação frequente para a população conhecer e praticar as estratégias resíduo zero e a economia circular;

9.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em relação ao valor de 115,17 kg/m3 de Peso Específico, foi notado que ao longo de 20 anos, este tem reduzidoem razão do aumento de embalagens nos resíduos sólidos e da redução de orgânicos no Brasil. O IBAM, sugere que na falta de dados, adote-se o Peso Específico de 230 kg/m3 para resíduos sólidos domiciliares (IBAM, 2001). Porém, em Jaú-SP, o Peso Específico era de 136,2 kg/m3, (REZENDE et al., 2013). Verifica-se que o percentual de matéria orgânica (que é a fração mais pesada) vem diminuindo nos municípios do Brasil, devido ao aumento do poder aquisitivo da população registrada até o período pré-pandemia e a adoção de hábitos de consumo que tem um excesso de embalagens, o que pode ter contribuído para a diminuição desse índice. Já o prof. Homero Soares da Universidade Federal de Juiz de Fora, em seu curso de Gestão de Resíduos Sólidos, apresenta valores de Peso Específico entre 120 e 250 kgf/m3 (SOARES, 2012), o que também confirma que o valor encontrado em Jandaia está dentro do aceitável.

A partir das análises dos resultados obtidos pode-se constatar na Figura 09, que em comparação com os dados nacionais (MMA,2012), os percentuais de matéria orgânica, rejeitos e resíduos potencialmente recicláveis de ficaram fracionados da seguinte forma:

- 56,57% de matéria orgânica, maior que o dado nacional que é de 51,4% visto que municípios menoresrealmente possuem quantidades de resíduos orgânicos maiores que a média nacional e ainda em relaçãoa municípios de médio e grande porte;
- 27,09% de resíduos potencialmente recicláveis, menor que o dado nacional de 31,9%, o que é factívelpois municípios menores geralmente geram menos resíduos recicláveis que municípios de médio e grande porte; e
- 16,33% de rejeitos e outros, encontram-se bem próximos da média nacional que é de 16,7%.

Em relação aos dados estaduais, à capital goiana e ao município de Chapadão do Céu-GO, respectivamente:

- A matéria orgânica ficou menor que 60%, 61% e 60%, enquanto o esperado é que fosse maior, contudo,os dados de Jandaia são mais atualizados e que já mostra a redução do percentual de orgânicos devidoao aumento de embalagens nos resíduos das diversas localidades de todo o país;
- O percentual de recicláveis ficou menor que 30% nos três casos; e

- O percentual de rejeitos ficou maior que 10%, 9% e 10%, o que demonstra um aumento de resíduos que vem sendo descartados como rejeitos pela população de Jandaia.

Dessa forma, foram validados os valores das três principais frações em relação à média nacional, estadual, capital estadual e município de pequeno porte e próximo à realidade de Jandaia.

Na Figura 10 é demonstrado que os tipos mais representativos em peso são: 1º matéria orgânica com 56,57%; 2º rejeitos com 16,33%; 3º resíduos plásticos com 13,33% e 4º resíduos de papel e papelão com 9,79%. Portanto,os maiores esforços na perspectiva resíduo zero deve se concentrar nestes tipos.

Ao compararmos este último gráfico com os dados nacionais (MMA, 2012), em relação à cada um dos seistipos, pode-se dizer que:

- o valor de 13,33% de **plásticos** corresponde à cerca da **metade** do percentual nacional que é de 27%,o que era esperado que fosse bem menor;
- o valor de 9,79% de **papéis e papelões** é cerca bem menor que a média nacional de 13,1%;
- o percentual de **vidros** (2,51%) é um pouco maior e praticamente igual à média nacional de 2,4%; e
- os **metais** (1,47%) são bem menores que a média nacional com 5,8%;

Na Figura 11, ao dividir a fração de rejeitos em rejeitos, roupas usadas e perigosos, as maiores frações foram: 1º matéria orgânica (56,57%); 2º plásticos (13,34%); 3º papéis (9,79%), 4º rejeitos (9,05%) e 5º roupas usadas (6,91%) reiterando os apontamentos já conhecidos e evidenciando outros como:

- a grande quantidade de resíduos plásticos e de papel o que demonstra alto uso e descarte de embalagens que poderiam ser destinados para a coleta seletiva e para o reaproveitamento; e
- a grande parcela de roupas usadas descartadas como rejeitos e que poderiam ser doadas ou reaproveitadas para novos usos.

Ao compararmos a Figura 11 com a composição gravimétrica nacional apresentada pelo Panorama dos ResíduosSólidos do Brasil (ABRELPE, 2020) é possível afirmar que:

- a quantidade de roupas usadas e outros artigos de vestuário e calçados de Jandaia (6,91%) chega a sermaior que a média nacional (5,6%) o que novamente nos faz chamar a atenção em relação a este item;
- as demais frações encontram-se praticamente dentro da faixa de valores aceitáveis.

Ao observar a Figura 12, verifica-se que as maiores sub-frações em termos de peso são: 1º matéria orgânica resultante de restos de alimentos e pequenos ciscos e solo de varrição (54,25%); 2º rejeitos sanitários (9,05%); 3º papelão (7,83%); 4º roupas usadas (6,91%); 5º sacos de PEBD (3,36%); 6º garrafas PET (2,45%) e 7º sacos de PEAD (2,20%), o que confirma a grande quantidade de material descartável e embalagens.

Os resultados apresentam que mais da metade dos resíduos gerados, cerca de 57% são de natureza orgânica e outros (alimentos, solo e ciscos de varrição, sabugos, podas, capinas, etc), confirmando assim estudos anterioressobre composição gravimétrica.

Segundo Galgino (2016) em seu estudo sobre composição gravimétrica afirma que a média de resíduos em umacidade de pequeno porte possui 54% de matéria orgânica; e Ribeiro *et al*. (2012) chegou ao resultado de 63% de matéria orgânica para o município de Goiânia. Contudo em 2001, a composição gravimétrica dos resíduos sólidos do Brasil, trazia o percentual de matéria orgânica em 65% (IBAM, 2001), bem diferente do que foi registrado em Goiânia para o ano de 2009, com o percentual de matéria orgânica em Ribeiro *et al.* (2012).

Além dos resíduos orgânicos, nota-se que no município de Jandaia a proporcionalidade de resíduos recicláveis ou recuperáveis gerados é bastante considerável, principalmente no que diz respeito a roupas usadas e resíduos de plásticos e de papelão, que poderiam estar sendo direcionados para o reaproveitamento, doações e/ou coletaseletiva de recicláveis.

Portanto, é necessário que o município adote medidas com o apoio de ferramentas como a Matriz de Decisão Problema-Solução-Ação como um meio orientativo para as tomadas de decisões, sendo fundamental para o município adotar medidas que minimizem a contaminação dos resíduos, podendo assim proceder o reaproveitamento, gerando mais renda aos catadores do município. Além disso, nota-se a urgência em se realizar adequações laborais na realização da coleta dos resíduos sólidos da cidade de Jandaia, devendo propiciar maior conforme laboral para os coletores, de forma que modifiquem sua ergonomia em relação às lixeiras e realizem educação ambiental com a população para que os resíduos sejam melhores acondicionados.

10. CONCLUSÕES

O Levantamento mostrou que existe questões críticas desde a geração, a coleta e a destinação final dos resíduos.Na coleta notou-se que:

- não existe um regramento do que pode ser coletado visto que são encontrados nos resíduos sólidos domiciliares medicamentos vencidos e perfuro-cortantes (objeto do setor de saúde), óleos lubrificantes(do setor de transporte), e outros;
- existe um volume grande de embalagens que deveriam ser encaminhadas para a coleta seletiva e não para a coleta de rejeitos;
- o serviço de coleta indiferenciada (misturada) pode ser otimizada, gerando economia para investimento na coleta seletiva, que é mais benéfica ao meio ambiente, ao social, à saúde e a economia local; e
- faltam lixeiras suspensas para facilitar a coleta, impedir que as águas da chuva carreiam resíduos para o sistema de drenagem levando contaminação para os cursos d´água ou para os logradouros, e evitando o rasgamento e espalhamentos por animais domésticos.

Na caracterização dos resíduos observou-se que:

- o Peso Específico dos resíduos sólidos de Jandaia tem valores menores que a média de 20 anos atrás no Brasil, provavelmente pelo aumento de embalagens descartadas erroneamente nos rejeitos encaminhados à área de disposição final; e
- os resíduos de maior geração e representatividade foram os seguintes resíduos: orgânicos (54,25%), rejeitos (9,05%), roupas usadas (6,91%), papelão (7,40%), sacos de PEBD (3,36%), vidro (2,51%) e garrafas PET (2,45%), os quais devem, portanto, serem o cerne da atenção das estratégias resíduo zero.

A partir dos resultados obtidos no levantamento recomenda-se que seja apresentado o presente estudo e a Matriz de Decisão Problema-Solução-Ação para os grupos de interesse (Fundação Nacional de Saúde-Funasa, Câmara Municipal, grupo de catadores, Núcleo de Educação em Saúde Ambiental do Município, Conselhos de Saúde, Educação, Meio Ambiente, etc) a fim de consolidar as ações propostas que realmente serão implantadas para direcionar as próximas etapas do projeto no sentido de tornar Jandaia uma cidade resíduo zero por meio da promoção das ações de educação em saúde ambiental.

AGRADECIMENTO

Em virtude das várias contribuições a este trabalho, é de extrema importância a manifestação de agradecimento especial ao Governo Federal por meio da Fundação Nacional de Saúde-Funasa (pela provisão dos recursos via edital), à Prefeitura Municipal de Jandaia (realizadora do projeto), ao Instituto Greenlabor de Engenharia e Consultoria Empresarial – Igece (executadora do projeto) e à Sociedade Resíduo Zero (parceira na promoção da cultura resíduo zero).

REFERÊNCIAS

[1] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: Amostragem de resíduossólidos. Rio de Janeiro: Moderna, 2004. 21 p.

[2] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004. Resíduos sólidos -classificação. Rio de Janeiro, 2004. 25 p.

[3] ABRELPE. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil 2020. São Paulo, 2020. 52 p.

[4] GALDINO, Silvana De Jesus; MARTINS, Carlos Humberto. Composição gravimétrica dos resíduos sólidosurbanos da coleta convencional de um município de pequeno porte. Tecno-Lógica, v. 20, n. 1, p. 01-08, 2016.

[5] GOOGLE. Foto Aérea do Município de Jandaia-Go - Cidade de Jandaia e Distrito de Palmeúna. 2021. Disponível:<https://www.google.com.br/maps/place/Jandaia+-+GO,+75950-000/@-16.997326, 50.2261734,14402m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x93607d5a58a97961:0xd5bfb5a779975870!8m2!3d-17.0435536!4d-50.1405179>. Acesso em: 16 maio 2021.

[6] IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Governo Federal. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU).Rio de Janeiro, 2001. 2004 p.

[7] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades – Jandaia-GO. Ano 2020. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/jandaia/panorama>. Acesso em 13 maio 2021.

[8] JANDAIA/. Prefeitura Municipal de Jandaia. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanosde Jandaia. Coord. eng. ambiental Marcos Emílio Pereira. Jandaia, 2011. 83 p.

[9] LIMA, Gustavo Ferreira. Consumo e resíduos sólidos no Brasil: as contribuições da educação ambiental. Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online), n. 37, p.47-57, 2015.

[10] RIBEIRO, Renata Gonçalves Moura; PINHEIRO, Roberta Vieira Nunes; DE MELO, Diógenes Aires. Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares encaminhados ao Aterro Sanitário do Municípiode Goiânia (Go). III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Goiânia, 2012.

[11] GALDINO, Silvana De Jesus; MARTINS, Carlos Humberto. Composição Gravimétrica dos Resíduos SólidosUrbanos da Coleta Convencional de um Município de Pequeno Porte. Tecno-Lógica, v. 20, n. 1, p. 01-08, 2016.

[12] MMA. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2012. 106 p.

Capítulo 4

Otimização da produção de lipase a partir de fungos isolados de resíduos gordurosos domésticos

Pedro Bernardo Roecker
Gisele Serpa

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo otimizar a construção do meio de cultivo ideal para produção de lipase a partir de fungos isolados de resíduos gordurosos domésticos. Foram comparados os meios caldo batata dextrose e o caldo peptonado, para verificar qual é o mais propício para produção de lipase. Verificou-se através do planejamento de misturas qual a melhor fonte lipídica para indução da produção de enzima, utilizando óleo de soja, milho e oliva. Verificou-se os efeitos das variáveis pH e temperatura na produção de lipase, utilizando um design fatorial 2^2, acrescido de 4 pontos axiais e ponto central.

Palavras-chave: atividade lipolítica, planejamento fatorial, lipases.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia enzimática é um dos campos mais promissores dentro da síntese de composto de alto valor agregado (FERNANDES *et al.*, 2004), e vem gerando alto interesse industrial para o desenvolvimento de novas tecnologias enzimáticas. Entre os processos de maior interesse estão as reações de hidrólise, as de síntese e as de interesterificação de lipídios por meio das lipases (CASTRO *et al.*, 2004). A alta aplicabilidade da lipase se dá ao fato de ela possuir diferentes especificidades de substrato (PASTORE *et al.*, 2003), e também devido ao fato de possuir estabilidade em diferentes pHs, temperaturas e solventes orgânicos.

As lipases catalisam a hidrólise e a síntese de triacilgliceróis (ésteres de glicerol e ácidos graxos de cadeia longa) atuando na interface organo-aquosa das ligações ésteres-carboxílicas de triacilglierois, transformando-os em ácidos graxos livres e glicerol ou acilglicerois parciais, que são os diacilglicerídeos e monoacilglicerídeos (SEMIONATO, 2006; FALCONE, 2009). Entre as aplicações da lipase pode-se citar sínteses orgânicas, hidrólise de gorduras e óleos, definição de misturas racêmicas e análises químicas (ROVEDA *et al.*, 2010). A Tabela 1, apresenta algumas aplicações industriais para as lipases.

Tabela 1: Aplicações industriais da lipase

Indústria	Aplicação
Laticínio	Hidrólise da gordura do leite
Processamento de carnes	Desenvolvimento de aromas e redução no conteúdo de gorduras
Química fina	Síntese de ésteres e resolução de racematos
Médica	Determinação de lipídeos no sangue (biossensores)
Tratamento de resíduos	Decomposição de lipídeos de efluentes.
Cervejeira	Aumento do aroma e aceleração do processo fermentativo

As lipases são facilmente encontradas na natureza, podendo ser de origem animal, vegetal ou microbiana. As lipases de origem microbiana são as mais utilizadas industrialmente devido a sua fácil produção em massa, a versatilidade das suas propriedades enzimáticas, a especificidade da enzima produzida por cada micro-organismo e o baixo custo de produção comparado a outras fontes de lipase. Entre os grupos de micro-organismos produtores de lipase os fungos filamentosos são considerados excelentes produtores, e as lipases fúngicas são as mais requeridas para produção industrial. (ROVEDA *et al.*, 2010).

Vários fatores influenciam a síntese de lipase pelos micro-organismos, sendo que os principais são: fonte de carbono; fonte de nitrogênio; presença de indutores; presença de estimuladores e inibidores; presença de agentes que afetam a interface óleo/água; temperatura de incubação, pH do meio de cultura e inóculo (HADEBALL, 1991; OBRADORS *et al.*, 1993; DOMINGUEZ *et al.*, 2003).

Muitos micro-organismos são conhecidos por produzir diferentes tipos de lipase de acordo com as condições de cultivo, tais como: pH, composição do meio de cultura, temperatura e tempo de cultivo, além da ação da enzima em relação a especificidade do substrato. (HADEBALL, 1991).

Com vista nestes aspectos o presente trabalho teve como objetivo definir os valores ótimos de pH e temperatura de cultivo dos fungos produtores de lipase, bem como o tipo de óleo vegetal mais adequado a fim de otimizar a produção da enzima. Neste estudo foram utilizados fungos *Geotrichum sp.* isolados a partir de resíduos gordurosos domésticos (GUESSER e SERPA, 2014) e óleos de soja, milho e oliva.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Química Orgânica do Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços do Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Florianópolis. A otimização da produção de lipase foi dividida em três etapas: escolha do meio de cultura, otimização da composição em relação ao tipo de óleo vegetal a ser utilizado e a otimização das condições de temperatura e pH.

2.1. MEIO DE CULTURA

Foram utilizados dois meios de cultura, para o crescimento dos micro-organismos: Caldo Batata Dextrose e o Caldo Peptonado (RODRIGUES *et al.*, 2012). A produção de lipase nos cultivos com os dois meios foi comparada visando escolher o meio mais adequado. A comparação foi feita com base na atividade lipolítica após 48, 72 e 168 horas de incubação a 30° C e 120 rpm.

2.1.2. CALDO BATATA DEXTROSE

Para preparo do caldo batata 200 gramas de batata descascada foram cozidas em 1 litro de água deionizada. O caldo resultante foi filtrado e acrescido de 20 gramas de dextrose e óleo de soja (5% v/v) emulsificado com Triton-X (20% v/v).

2.1.3. CALDO PEPTONADO

O caldo peptonado foi composto com 50 g/L de peptona, 1 g/L de $MgSO_4$, 1 g/L de $NaNO_3$ e 1%(v/v) de óleo de soja emulsificado com Triton-X 20% (v/v).

2.2. PREPARO DO INÓCULO

Para o preparo do inóculo, 10 mL de água deionizada estéril foram adicionados em tubos de ensaio contendo caldo batata acrescido de ágar preparado previamente, contendo a cultura do fungo após 120 horas de cultivo. Desta suspensão de esporos, um mililitro foi adicionado aos frascos contendo 50 mL de caldo peptonado. O meio inoculado foi incubado por 48 horas à 30ºC e 120rpm.

2.3. EXTRATO ENZIMÁTICO BRUTO

O extrato enzimático bruto foi obtido através da centrifugação do meio incubado contendo os micro-organismos à 3000 rpm durante 10 minutos. O sobrenadante foi separado e utilizado nos procedimentos para determinação da atividade lipolítica.

2.4. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE LIPOLÍTICA

A atividade lipolítica foi medida com base na quantidade de ácidos graxos produzidos pelo extrato bruto enzimático, em solução composta por 4 mL de tampão fosfato (pH 6,0), 1 g de óleo emulsificado e 1 mL de extrato enzimático bruto. Esta solução foi mantida a 30ºC por 60 minutos a 120 rpm. A atividade lipolítica foi interrompida adicionando-se 15 mL de uma solução de etanol/acetona (1:1 v/v) e os ácidos graxos produzidos foram titulados com solução padronizada de KOH 50 mM. Para cada ensaio, um branco contendo o mesmo meio reacional e mantido nas mesmas condições recebeu os 15 mL de solução etanol/acetona (1:1 v/v) antes da adição do extrato bruto enzimático e titulado.

2.5. DETERMINAÇÃO DA MELHOR FONTE LIPÍDICA

Para verificar a influência da fonte lipídica na indução da produção de lipase foram testadas três fontes diferentes: óleos de oliva, soja e milho, isoladas e em diferentes combinações, conforme apresentado na Tabela 2. Os diferentes óleos ou uma combinação deles foram adicionados ao meio de cultura que foi inoculado e incubado por 48 horas à 30°C e 120 rpm. A atividade lipolítica obtida para cada fermentação foi determinada por titulação com KOH.

Tabela 2: Combinação das diferentes fontes lipídicas

Ensaio	Óleo de Oliva % (v/v)	Óleo de Soja % (v/v)	Óleo de Milho % (v/v)
1	5,0	0,0	0,0
2	0,0	5,0	0,0
3	0,0	0,0	5,0
4	2,5	2,5	0,0
5	0,0	2,5	2,5
6	2,5	0,0	2,5
7	1,25	1,25	2,5
8	1,25	2,5	1,25
9	2,5	1,25	1,25
10	1,67	1,67	1,67
11	1,67	1,67	1,67
12	1,67	1,67	1,67

2.6. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL PARA OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CULTIVO

Foram estudadas duas variáveis, pH e temperatura, visando a otimização das condições de cultivo através de um design fatorial 2^2, acrescidos dos 4 pontos axiais e ponto central (4 repetições). O design fatorial investigou os efeitos do pH (de 5 a 9) e da temperatura (de 20°C a 40ºC), conforme apresentado nas Tabelas 3 e 4. A atividade lipolítica foi medida após 48 horas de cultivo.

Utilizou-se o caldo peptonado, com óleo de oliva emulsificado e o pH foi ajustado com NaOH ou H_2SO_4.

Tabela 3: Valores de máximo e mínimo aplicados no planejamento fatorial

Variável	-1,41	-1,0	0,0	+1,0	+1,41
Temperatura	20°C	23°C	30°C	37°C	40°C
pH	5,0	5,6	7,0	8,4	9,0

Tabela 4: Ensaios do planejamento fatorial

Ensaio	Temperatura (°C)	pH
1	-1	-1
2	-1	+1
3	+1	-1
4	+1	+1
5	+1,41	0
6	-1,41	0
7	0	+1,41
8	0	-1,41
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. ESCOLHA DO MEIO DE CULTURA

Os resultados obtidos após a incubação até 168 horas estão dispostos na Tabela 5. É possível observar que a atividade lipolítica, no caldo peptonado, foi muito superior em todas as medições. Sendo escolhido e utilizado para os posteriores testes.

Tabela 5: Comparação entre os meios de cultura

Tempo de incubação (horas)	Meio de cultura	Atividade lipolítica (µmol de ácido / mL de enzima)
48	Caldo peptonado	1,5667
48	Caldo batata dextrose	0,7962
72	Caldo peptonado	1,0530
72	Caldo batata dextrose	0,2568
168	Caldo peptonado	1,4383
168	Caldo batata dextrose	0,5137

3.2. DETERMINAÇÃO DA MELHOR FONTE LIPÍDICA

A atividade lipolítica obtida no planejamento de mistura após 48 horas de fermentação estão apresentados na Tabela 6. A maior atividade obtida foi de 1,6951µmol de ácido/mL de enzima obtido no ensaio 2 (5% de óleo de oliva e 0% de óleo de soja e milho).

Tabela 6: Resultados do planejamento de mistura

Ensaio	Concentração de óleo (% v/v)			Atividade lipolítica (µmol de ácido/mL de enzima)
	Oliva	Soja	Milho	
1	0,00	0,00	5,00	1,3869
2	5,00	0,00	0,00	1,6951
3	0,00	5,00	0,00	1,3098
4	0,00	2,50	2,50	1,5410
5	2,50	0,00	2,50	1,3869
6	2,50	2,50	0,00	1,2328
7	1,25	2,50	1,25	1,1557
8	2,50	1,25	1,25	1,2328
9	1,25	1,25	2,50	1,1557
10	1,67	1,67	1,67	1,3098
11	1,67	1,67	1,67	1,2328
12	1,67	1,67	1,67	1,2328

Os dados da Tabela 6 foram computadorizados utilizando o programa Design Expert para verificação da interação entre as variáveis, considerando um índice de significância de 90% ($p < 0,10$). Como é possível observar na Tabela 7 somente a interação entre oléo de oliva e soja foi significante ($p = 0,050$), o que indica que a interação possui um efeito significativo na atividade lipolítica.

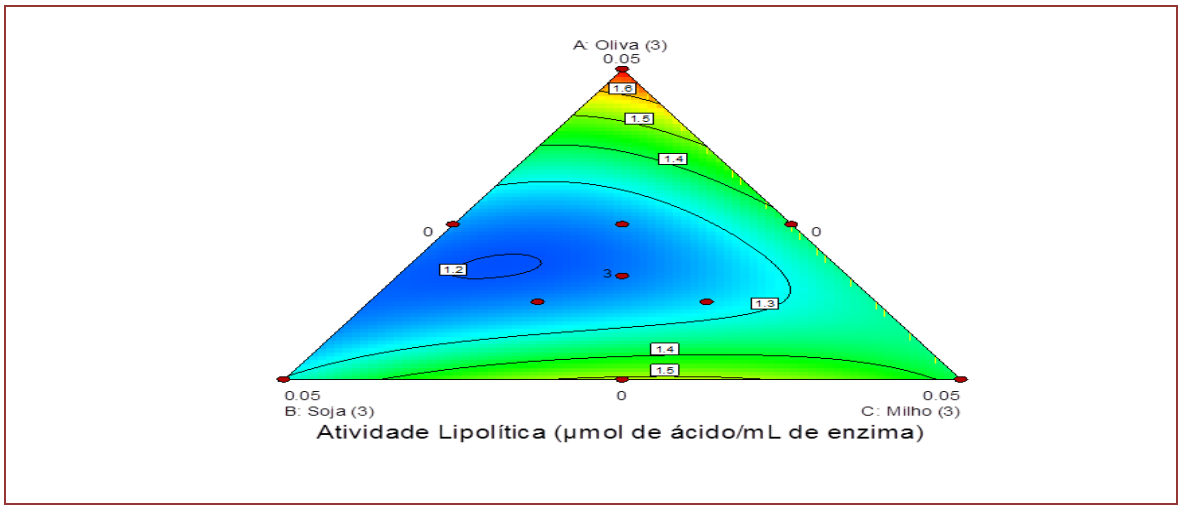
Outras três interações não tiveram efeito significativo na atividade lipolítica: óleo de oliva e milho ($p = 0,1981$); óleo de soja e milho ($p = 0,1544$) e óleo de oliva, soja e milho ($p = 0,1479$).

Tabela 7: Significância na atividade lipolítica após 48 horas de fermentação

Variáveis	p-valor
Oliva/Soja	0,0500
Oliva/Milho	0,1981
Soja/Milho	0,1544
Oliva/Soja/Milho	0,1479

Os resultados das combinações de óleos podem também ser visualizados na Figura 1, que apresenta as curvas de contorno geradas a partir dos pontos testados.

Figura 1: Contorno da superfície da atividade lipolítica do planejamento de mistura



Como é possível observar na figura acima a atividade lipolítica é maior na região próxima ao óleo de oliva e menor no óleo de soja, indicando que o óleo de oliva é a melhor fonte lipídica para estimular a produção de lipase.

3.3. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL PARA OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CULTIVO

Os resultados do design fatorial 2^2 após 48 horas de cultivo estão apresentados na Tabela 8. A maior atividade obtida foi de 1,7125 µmol de ácido/mL de enzima no ensaio 3 (temperatura de 37 °C e pH 5,6).

Tabela 8: Atividade lipolítica para o design fatorial 2^2

Ensaio	Variáveis		Atividade lipolítica (µmol de ácido/mL de enzima)
	Temperatura	pH	
1	-1	-1	0,3058
2	-1	+1	0,1835
3	+1	-1	1,7125
4	+1	+1	1,2232
5	+1,41	0	0,5505
6	-1,41	0	0,2466
7	0	+1,41	1,1621
8	0	-1,41	1,4067
9	0	0	1,2844
10	0	0	0,9786
11	0	0	1,2232
12	0	0	1,1010

Os resultados da Tabela 8 foram computados utilizando o programa Design Expert para calcular os efeitos das variáveis com um índice de confiança de 90% ($p < 0,10$), e os resultados estão apresentados na Tabela 9. Pode-se observar que a temperatura apresentou efeito positivo na atividade lipolítica, e este efeito é significativo ($p = 0,0183$), o que indica que ao se aumentar a temperatura a atividade lipolítica também aumenta. E o pH apresentou efeito negativo na atividade lipolítico, que indica que ao se diminuir o pH a atividade lipolítica aumenta, mas esse efeito não é significativo ($p = 0,3946$).

Tabela 9: Efeitos na atividade lipolítica do design fatorial 2^2

Variável	Efeito (µmol de ácido/mL de enzima)	p-valor
Temperatura	1,2232	0,0183
pH	0,3058	0,3946

As Figuras 2 e 3 apresentam as curvas de contorno e a superfície geradas a partir dos dados experimentais.

Figura 2: Contorno da superfície da atividade lipolítica do design fatorial 2^2

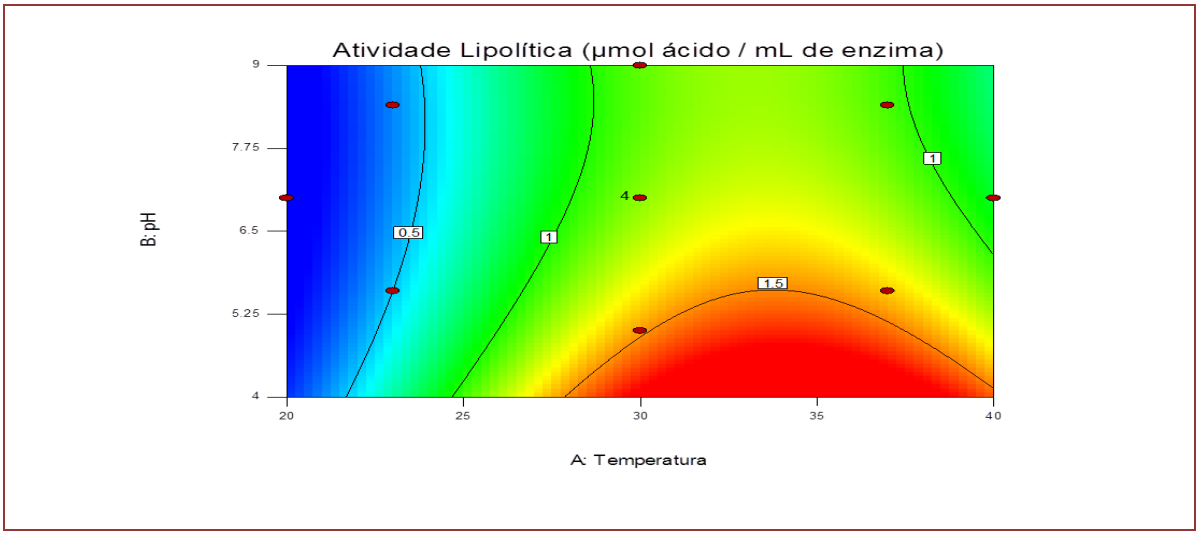
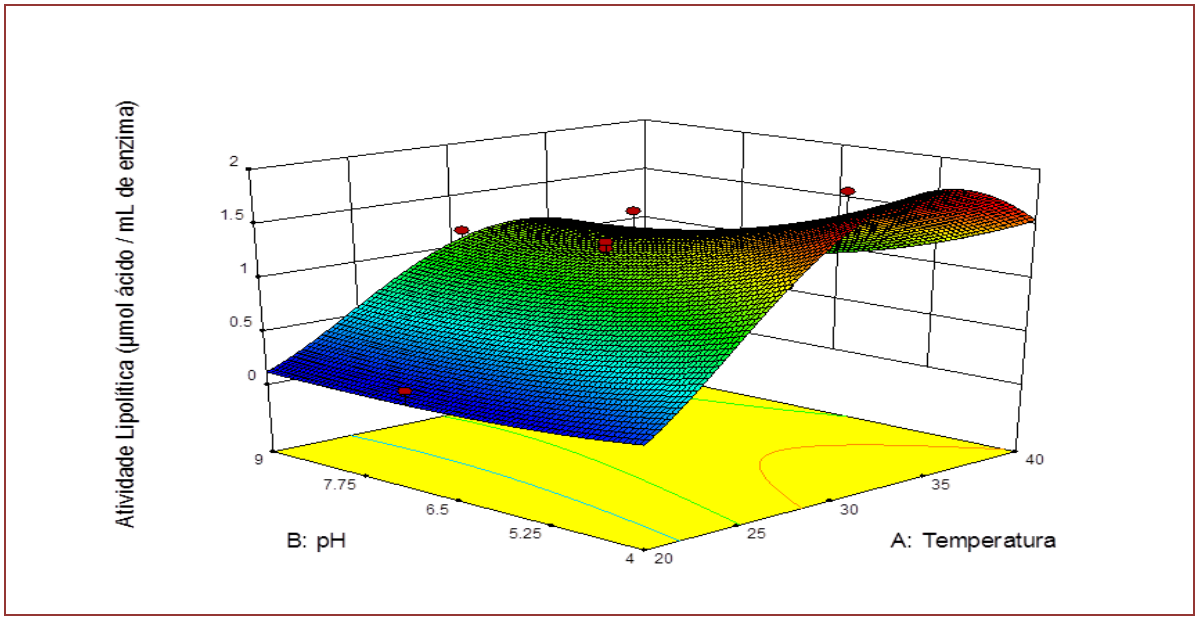


Figura 3: Superfície 3D para atividade lipolítica do fatorial design 2^2



Nas Figuras 3 e 4 é possível observar que a região de pH 5 e temperatura de 35ºC é a área de maior atividade lipolítica, indicando que naquela região a interação entre as variáveis é a mais propícia para a produção de lipase pelo fungo.

4. CONCLUSÃO

Neste artigo foi avaliada a diferença da atividade lipolítica entre o caldo batata dextrose e o caldo peptonado, observando-se que o caldo peptonado apresentou valores para atividade lipolítica muito superiores ao do caldo batata dextrose, o maior valor apresentado pelo caldo batata dextrose foi de 0,7962 enquanto o maior valor de caldo peptonado foi de 1,5667 sendo quase o dobro do caldo batata dextrose.

Na determinação da melhor fonte lipídica foi avaliada a mistura de 3 óleo diferentes: óleo de soja, óleo de milho e óleo de oliva, observando-se que o óleo de oliva puro em concentração de 5% (v/v) apresentou melhor indução para atividade lipolítica que os demais óleo ou mistura de óleos.

No design fatorial 2^2 foi estudado a interação entre as variáveis temperatura e pH na atividade lipolítica, e foi observado que a temperatura possui um efeito positivo e significativo e o pH um efeito negativo não significativo. Neste planejamento obteve-se uma maior atividade lipolítica no ensaio com pH 5,6 e temperatura de 37ºC.

Com base nesses resultados verificou-se que, dentro das faixas estudas, o melhor meio para produção de lipase é constituído de caldo peptonado, com 5% de óleo de oliva com pH 5,6 e temperatura de 37ºC.

Em trabalho futuros, pode-se deslocar o planejamento fatorial para a região que apresentou os melhores valores de atividade lipolítica, a fim de refinar as condições ainda mais.

REFERÊNCIAS

[1] CASTRO, H. F.; MENDES, A. A.; SANTOS, J. C.; AGUIAR, C. L. Modificação de óleos e gorduras por biotransformação. Química Nova, v. 27, n. 1, p. 146-156, 2004.

[2] DOMINGUEZ, A.; COSTAS, M.; LONGO, M.A; SANROMÁN, A. A novel application of solid culture: production of lipases by *Yarrowia Lipolytica*. Biotechnology Letters, v. 25, p. 1225-1229, 2003.

[3] FALCONE, C. O. Avaliação de lipase bacteriana visando sua utilização na geração de biodiesel a partir de resíduos oleosos do saneamento. [s.l] Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

[4] FERNANDES, M. L. M.; KRIEGER, N.; BARON, A. M.; ZAMORA, P. P.; RAMOS, L. P.; MITCHELL, D. A. Hydrolysis and synthesis reactions catalysed by Thermomyces lanuginosa lipase in AOT/Isooctane reversed micellar system. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 30, p. 43-49, 2004.

[5] GUESSER, J. V. C.; SERPA, G. Isolamento de micro-organismos com potencial uso para a produção de lipases a partir de resíduos gordurosos domésticos. In Encontro Nacional de Tecnologia Química, 7, 2014. Vitória, ES. Anais.

[6] HADEBALL, W. Production of lipase by *Yarrowia lipolítica*. Acta Biotechnology, v. 11, p.159-167, 1991

[7] MALDONADO RAFAEL RESENDE; PANCIERA, André Luiz; MACEDO, Gabriela Alves; MAUGERI, Francisco; RODRIGUES, Maria Isabel. IMPROVEMENT OF LIPASE PRODUCTION FROM Geotrichum sp. IN SHAKEN FLASKS. CI&CEQ 18 (3), p. 459–464, 2012.

[8] OBRADORS N.; MONTESINOS, J.L.; VALERO, F.; LAFUENTE, F.J.; SOLÀ, c. Effects of different fatty acids in lipase production by *Candida rugosa*. Biotechnology letters. v 15, p. 357-360, 1993.

[9] PASTORE, Gláucia M.; COSTA, Vinicius dos Santos R. da; KOBLITZ, Maria Gabriela B.; Purificação parcial e caracterização bioquímica de lipase extracelular produzida por nova linhagem de Rhizopus sp. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, p. 135-140, 2003.

[10] ROVEDA, Mirela; HEMKEMEIER, Marcelo; COLLA, Luciane Maria. Avaliação da produção de lipases por diferentes cepas de micro-organismos isolados em efluentes de laticínios por fermentação submersa. Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, p. 126-131, 2010.

[11] SEMIONATO, S. Avaliação da atividade lipolítica de bactérias isoladas dos dispositivos de remoção de gordura da ETE-UFES. Dissertação de Mestrado; Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental; Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.

Capítulo 5

Remoção de nitrogênio de efluente de reator UASB e perfil microbiano de lagoa de estabilização aerada-facultativa tratando água residuária de abatedouro de aves

Eloisa Pozzi
Valéria Del Nery
Isabel Kimiko Sakamoto
Marcia Helena Rissato Zamariolli Damianovic
Eduardo Cleto Pires

Resumo: Lagoas de estabilização aeradas como pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, mostraram-se interessantes para remover matéria orgânica e nitrogênio de águas residuárias de abatedouro de aves. O objetivo deste estudo foi estimar a densidade de bactérias nitrificantes, desnitrificantes e inferir sobre a diversidade microbiana desta lagoa aerada-facultativa (LAF). O sistema biológico de tratamento da água residuária de abatedouro de aves é composto de um reator UASB (1260 m^3), seguido de uma LAF de 13000 m^2 e 19500 m^3 equipada com 90 hp de aeração. As estimativas da densidade da microbiota nitrificante e desnitrificante foram realizadas pela técnica de NMP em três pontos de coleta ao longo de sete meses. A estimativa da diversidade microbiana para o domínio *Bacteria* foi feita por DGGE e analisado o coeficiente de similaridade de Pearson e o índice de diversidade de Shannon. A eficiência de remoção de DQO, DBO, NTK e de nitrogênio amoniacal foi de 62,3 ± 22%, 53,7 ± 15%, 68,3 ± 15% e 88 ± 6%, respectivamente. A densidade de nitrificantes foi maior na zona aerada, PA (10^3 NMP/ g SSV), do que em PB e PC e diminuiu nos meses de dezembro e fevereiro (10^2) relacionado com as temperaturas mais altas do ano, quando as concentrações de OD diminuem no sistema. As desnitrificantes facultativas aumentaram significativamente a partir de agosto (10^{11}) a fevereiro (10^{14}). Para o domínio *Bacteria*, PA apresentou os menores índices de similaridade (variando entre 40% a 50%) do que em PB e PC (variando entre 50% e 86%) considerando-se todos os períodos de amostragem. A aeração e a complexidade do substrato do efluente do reator UASB que chega à lagoa aerada, independente do período, condicionaram um metabolismo bacteriano mais diversificado para a estabilização da matéria orgânica. Portanto a microbiota bacteriana foi mais diversa em PA (Shannon 3,0) em comparação com a população em PB e PC (Shannon 2,0).

Palavras-chave: remoção de nitrogênio, reator UASB, lagoa aerada-facultativa, DGGE, bactérias nitrificantes, bactérias desnitrificantes, número mais provável.

1. INTRODUÇÃO

A digestão anaeróbia tem sido usada como uma tecnologia viável ao tratamento de águas residuárias de indústria alimentícia. Entretanto, na maioria dos casos, os efluentes de reatores anaeróbios não se enquadram às características exigidas pela legislação, requerendo portanto um sistema de pós-tratamento para completar a remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo.

Os reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB) são, no Brasil (Del Nery *et al*., 2007), os principais sistemas utilizados para tratar água residuária de abatedouros de aves. Trata-se de um resíduo complexo com elevadas concentrações de matéria orgânica oriunda do estrume, sangue, gordura, com altas concentrações de sais, fosfato e nitrato (Amenu, 2014). Os efluentes dos reatores UASB que tratam águas residuárias de abatedouros de aves contém elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal e DOQ residual (Barana, 2013). Dessa forma, as características dessa água residuária determinam a necessidade de pré e pós- tratamento para a adequação do efluente ao tratamento no reator UASB e ao padrão de emissão.

Entre as alternativas de pós-tratamento utilizadas no Brasil destacam-se as lagoas de estabilização equipadas com aeradores mecânicos, devido à sua capacidade de reduzir as concentrações de matéria orgânica e nitrogênio. A remoção de nitrogênio em lagoas aeradas ocorre por vários meios, incluindo assimilação pelas algas, nitrificação/desnitrificação e volatilização (Middlebrooks, 1995). O objetivo deste estudo foi avaliar a remoção biológica por nitrificação/desnitrificação associada às densidades de bactérias nitrificantes, desnitrificantes e inferir sobre a diversidade microbiana da lagoa aerada-facultativa (LAF) utilizada como pós-tratamento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. SISTEMA BIOLÓGICO DE TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE ABATEDOURO DE AVES

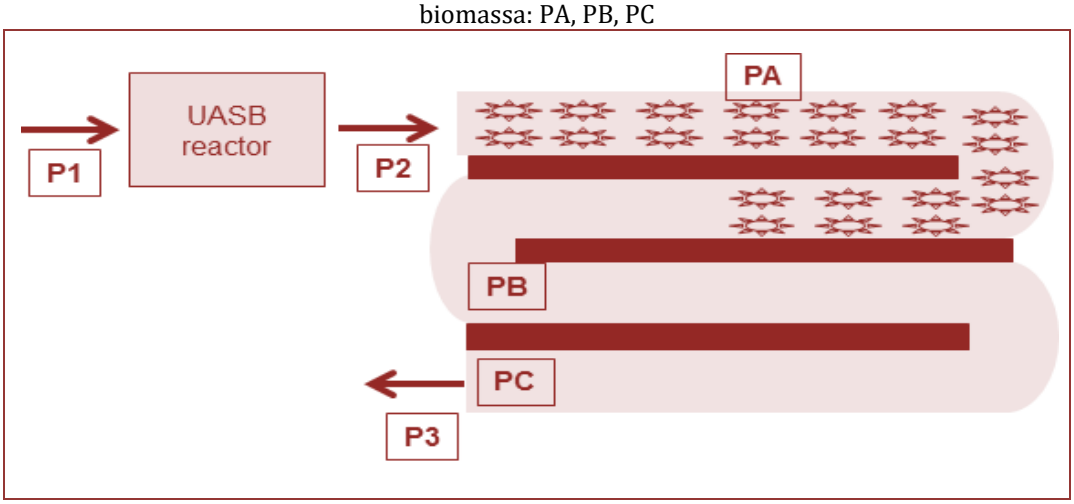
O sistema biológico de tratamento da água residuária de abatedouro de aves é composto de um reator UASB (1260 m^3), seguido de uma lagoa aerada-facultativa (LAF) de 13000 m^2 e volume de 19500 m^3. A secção de entrada da lagoa (3250 m^2) está equipada com 90 hp de aeração.

A carga orgânica volumétrica (COV) aplicada ao reator UASB foi de 1,94 ± 0,23 kg DQO/m^3.dia e o tempo de detenção hidráulica (TDH)foi de 1,14 ± 0,12 d ao longo do período de estudo.

A taxa de aplicação superficial da LAF foi de 240 ± 105 kg DBO / ha.dia e o tempo de detenção hidráulico (TDH) de 17,4 ± 1,8 d. O TDH na secção aerada da lagoa foi de 4,4 ± 0,5 d.

Parâmetros de monitoramento de remoção de matéria orgânica (DQO e DBO) e de nitrogênio total (NTK) foram determinados uma vez por mês ao longo de sete meses de operação em três pontos de amostragem (P1, P2, P3). Tais parâmetros físico-químicos seguiram as metodologias descritas em APHA/AWWA/WEF (2005). Os pontos de coleta da biomassa foram PA, situado na secção aerada; PB e PC nas secções facultativas ao longo do sistema (Figura 1).

Figura 1: Sistema biológico de tratamento da água residuária do abatedouro de aves (LAF). Pontos de amostragem: P1 (afluente do UASB), P2 (efluente do UASB), P3 (efluente da LAF). Pontos de coleta da biomassa: PA, PB, PC



2.2. MICROBIOLOGIA DO SISTEMA

As estimativas da densidade da microbiota nitrificante (bactérias amônio oxidantes, BOA e bactérias nitrito oxidantes, BON) e desnitrificante foram realizadas pela técnica de NMP. A técnica foi adaptada para amostras de água e seguiram as metodologias propostas por Schmidt e Belser (1984), para as nitrificantes e Tiedje *et al.* (1984) para as destrificantes.

A estimativa da diversidade microbiana para o domínio *Bacteria* foi feita utilizando-se as técnicas de biologia molecular de extração do DNA genômico (Griffiths *et al.*, 2000) da biomassa presente no lodo do reator e amplificação de fragmentos do RNAr 16S pela reação de polimerização em cadeia (PCR), tendo com inicializadores os "primers" 968FGC -1401R. Os produtos da PCR foram posteriormente submetidos à técnica de DGGE (eletroforese em gel com gradiente desnaturante) a qual possibilita a análise de várias amostras ambientais simultaneamente, sendo úteis ao monitoramento e à compreensão de variações temporais e espaciais de comunidades microbianas (Muyzer *et al.*,1996).

Os dendogramas relativos aos perfis de bandas foram construídos pelo programa Bionumerics® (versão 2.5) e analisados pelo coeficiente de similaridade de Pearson. A diversidade entre as populações bacterianas foram comparadas utilizando-se o índice de diversidade de Shannon (Abreu *et al.*, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERÍSTICAS DOS AFLUENTES E EFLUENTES DO REATOR UASB E DESEMPENHO DA LAF

A caracterização do afluente e efluente do reator UASB e da LAF durante sete meses de operação está apresentada na Tabela 1.

A eficiência de remoção de DQO, DBO, NTK e de nitrogênio amoniacal foi de 62,3 ± 22%, 53,7 ± 15%, 68,3 ± 15% e 88 ± 6%, respectivamente.

Tabela 1: Características da água residuária no sistema biológico

Parâmetros	UASB afluente P1	UASB efluente P2	PA	PB	PC	LAF efluente P3
DQO (mg/L)	2178±276	718±342	342±33	297±53	311±92	271±63
DBO (mg/L)	1235±275	296±121	167±52	113±43	130±53	137±25
NTK (mgN/L)	164±25	202±26	65±16	62±24	51±27	64±37
N amoniacal (mgN-amoniacal/L)	100±17	182±24	40±10	29±12	24±13	22±13
NO_2 (mgN-NO_2/L)	0	0	16,7±12,3	13,2±9,8	8,9±4,6	12,8±6,5
NO_3 (mgN-NO_3/L)	7,3±1,3	2,3±1,1	11,3±9,5	13,4±10,7	13,9±12,6	13,4±9,2

3.2. CARACTERÍSTICAS DA MICROBIOTA NOS EFLUENTES DA LAF

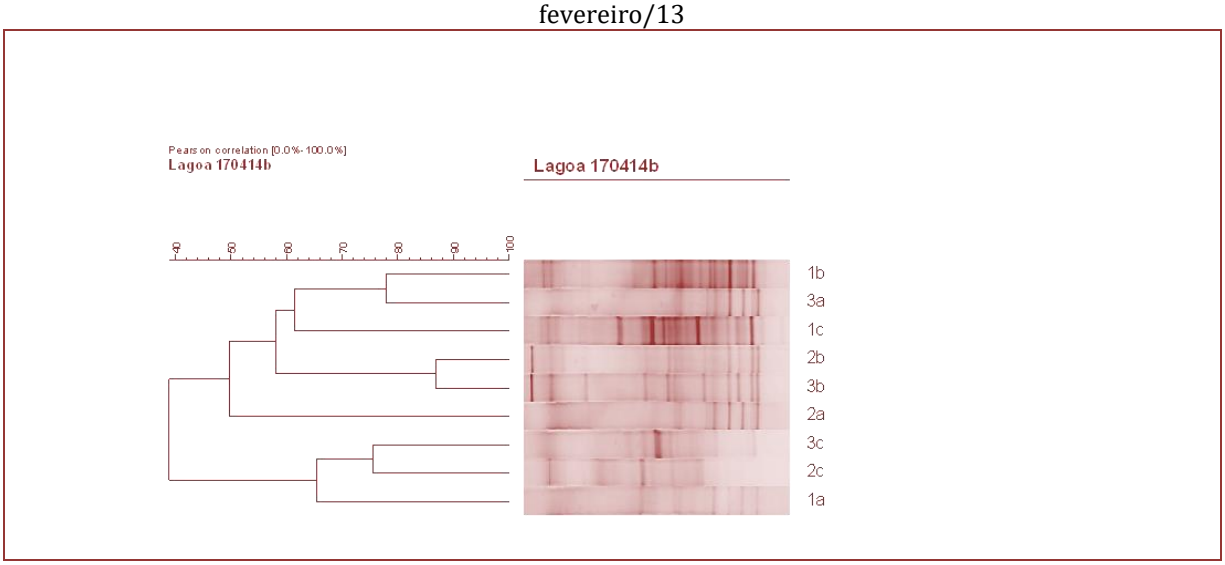
A estimativa da microbiota nitrificante (BOA e BON) e desnitrificante (DES), durante o período operacional de sete meses de coleta, está representada na Tabela 2.

Tabela 2: Quantificação da microbiota nitrificante e desnitrificante

P C	Agosto/13 BOA BOM DES	Outubro/13 BOA BOM DES	Dezembro/13 BOA BON DES	Fevereiro/14 BOA BON DES
	NMP/mg SSV	**NMP/mg SSV**	**NMP/mg SSV**	**NMP/mg SSV**
A	$9{,}8.10^3$ $1{,}8.10^3$ $9{,}8.10^{11}$	$4{,}8.10^4$ $6{,}3.10^3$ $8{,}7.10^{13}$	$7{,}6.10^3$ $9{,}8.10^2$ $3{,}2.10^{13}$	$7{,}8.10^2$ $1{,}7.10^2$ $8{,}8.10^{14}$
B	$6{,}5.10^3$ $3{,}4.10^3$ $2{,}2.10^{11}$	$7{,}3.10^3$ $1{,}9.10^3$ $7{,}6.10^{13}$	$3{,}2.10^3$ $7{,}5.10^2$ $2{,}0.10^{13}$	$6{,}6.10^2$ $3{,}9.10^2$ $7{,}4.10^{14}$
C	$4{,}4.10^3$ $2{,}8.10^3$ $3{,}4.10^9$	$7{,}4.10^3$ $1{,}1.10^3$ $1{,}5.10^{10}$	$2{,}7.10^3$ $3{,}9.10^2$ $7{,}9.10^{11}$	$1{,}8.10^2$ $2{,}2.10^2$ $3{,}4.10^{12}$

Os perfis de bandas do DGGE e os dendogramas representando os coeficientes de similaridade (correlação de Pearson) estão representados na Figura 2.

Figura 2: Perfis de bandas do DGGE: 1a, 2a e 3a correspondem respectivamente aos pontos de coleta PA, PB, PC para agosto/13; 1b, 2b e 3b correspondem respectivamente aos pontos de coleta PA, PB, PC para dezembro/13; : 1c, 2c e 3c correspondem respectivamente aos pontos de coleta PA, PB, PC para fevereiro/13



A redução da concentração de nitrogênio amoniacal em sistemas de lagoas com aeração ocorre devido à assimilação pelas algas, nitirificação/desnitrificação e volatilização. Considerando-se a estimativa da densidade da microbiota nitrificante, potencialmente envolvida na oxidação do N-amoniacal na lagoa, observa-se que foi maior em PA (variando entre $4{,}8.10^4$ a $7{,}8.10^2$) do que em PB (variando de $7{,}3.10^3$ a $6{,}2.10^2$) e PC (variando de $7{,}4.10^3$ a $1{,}8.10^2$), o que pode ser creditada à aeração em PA, independente da estação do ano. A remoção do N-amoniacal já ocorre prontamente em PA, com eficiência de 78%, sendo que no final do sistema essa eficiência atinge 88%.

Considerando-se os diferentes períodos de amostragem, a densidade das bactérias nitrificantes amônio oxidantes (BOA) e nitrito oxidantes (BON) diminuiu no mês de dezembro e fevereiro, atingindo a ordem de 10^2 NMP/mg SSV, possivelmente relacionado com as temperaturas mais altas do ano quando as concentrações de OD diminuem no sistema, mesmo na zona aerada (PA). Tal situação pode ser confirmada pelo aumento significativo da densidade das bactérias desnitrificantes, facultativas, variando da ordem de 10^{11}NMP/mg SSV (agosto) a 10^{14} NMP/mg SSV (fevereiro).

O nitrato e nitrito ainda permanecem no efluente do sistema de lagoas, o que pode estar relacionado com as condições ambientais do sistema. A nitrificação/desnitrificação depende de condições adequadas para o crescimento desta microbiota que é condicionada pela temperatura, oxigênio dissolvido, pH, tempo de detenção e características da água residuária. Possivelmente o projeto do sistema apresente limitações, uma vez que o TDH da lagoa aerada de 4,5 dias é curto (Del Nery *et al*., 2016), quando comparado com o tempo mínimo de 45 dias para a completa remoção do nitrogênio em lagoas aeradas como observado por Middlebrooks, 1995.

Lai e Lam (1997) observaram aumento nas concentrações de nitrito e de nitrato nas últimas lagoas de um sistema composto por oito lagoas em série, durante o outono e o inverno. Atribuíram ao aumento de N-amoniacal que foi nitrificado e não assimilado pelas algas nesse período, quando as condições ambientais tornam-se mais difíceis ao crescimento algal. Por outro lado, Valero *et al.* (2010) investigando a dinâmica de remoção do nitrogênio em lagoas de maturação, utilizando N^{15}, observaram que as concentrações de nitrito e nitrato não aumentaram nos efluentes das lagoas atribuindo-se às reações simultâneas tais como a assimilação biológica pelas algas e /ou desnitrificação. Tal fato foi observado neste estudo, em que as concentrações de nitrito e de nitrato nos pontos de coleta (PA, PB e PC) e no efluente da LAF se mantiveram relativamente constantes, indicando a atividade fitoplanctônica de assimilação, nitrificação e desnitrificação.

Os processos de nitrificação e desnitrificação possivelmente ocorrem simultaneamente da lagoa, confirmado pela quantificação das bactérias nitrificantes e desnitrificantes em todos os pontos de coleta no período de estudo, associado às condições ambientais e operacionais do sistema das lagoas.

Embora as bactérias nitrificantes e desnitrificantes não tenham sido identificadas pelo DGGE, os coeficientes de similaridade e o índice de diversidade (Shannon) indicaram diferenças significativas entre as comunidades bacterianas nos diferentes pontos de amostragem. Para o domínio *Bacteria*, PA, apresentou os menores índices de similaridade (variando entre 40% a 50%) do que em PB e PC (variando entre 50% e 86%) considerando-se todos os períodos de amostragem. A aeração e a complexidade do substrato do efluente do reator UASB que chega à lagoa aerada, independente do período, condicionaram um metabolismo bacteriano mais diversificado para a estabilização da matéria orgânica. Portanto a microbiota bacteriana foi mais diversa em PA (Shannon 3,0) em comparação com a população em PB e PC (Shannon 2,0).

5. CONCLUSÃO

O sistema de pós-tratamento de efluente de reator UASB, composto de lagoa aerada-facultativa em escala plena, mostrou-se eficiente na remoção de nitrogênio e residual de matéria orgânica presente em efluente de UASB tratando água residuária de abatedouro de aves.

Os processos de nitrificação e desnitrificação ocorreram simultaneamente principalmente no início da LAF em todos os períodos de estudo. Entretanto as densidades das comunidades nitrificantes e desnitrificantes foram variáveis e tiveram influência das variações de temperatura e da aeração durante os diferentes períodos do ano.

A complexidade do substrato e a aeração influenciaram a diversidade bacteriana nos diferentes pontos de coleta ao longo do sistema biológico para a estabilização da matéria orgânica e nitrogenada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

[1] ABREU, A.A.; ALVES, J.I.; PEREIRA, M.A.; KARAKASHEV, D.; ALVES, M.M.; IRINI ANGELIDAKI, I. Engineered heat treated methanogenic granules: A promising biotechnological approach for extreme thermophilic biohydrogen production. Bioresource Technology, 101: 9577–9586, 2010.

[2] APHA/AWWA/WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC, USA, 2005.

[3] AMENU, D. Characterization of wastewater and evaluation of the effectiveness of the wastewater tratment systems. World Journal of Life Sciences Research, 1(1): 1-11, 2014.

[4] BARANA, A. C., LOPES, D. D., MARTINS, T. H., POZZI, E., DAMIANOVIC, M. H. R. Z., DEL NERY, V. , FORESTI, E. Nitrogen and organic matter removal in an intermittently aerated fixed-bed reactor for post-treatment of anaerobic effluent from a slaughterhouse wastewater treatment plant. Journal of Environmental Chemical Engineering, 1 (3): 453–459, 2013.

[5] DEL NERY, V., DE NARDI, I. R., DAMIANOVIC, M. H. R. Z., POZZI, E., AMORIM, A. K. B.; ZAIAT, M. Long-term operating performance of a poultry slaughterhouse wastewater treatment plant. Resource Conservation and Recycling, 50: 102–114, 2007.

[6] DEL NERY, V.; DAMIANOVIC, M. H. Z.; MOURA, R. B.; POZZI, E.; PIRES E. C.; FORESTI, E. Poultry slaughterhouse wastewater treatment plant for high quality effluent. Water Science and Technology,versão online, 09/2015.

[7] GRIFFITHS, R. I; WITELEY, A. S.; O´DONNELL, A. G.; BAILEY, M. J. Rapid method for co-extraction of DNA and RNA from natural environments for analysis of ribosomal DNA and rRNA-based microbial community composition. Applied and Environmental Microbiology, 66: 5488-5491, 2000.

[8] LAI P. C. C., LAM P. K. S. Major pathways for nitrogen removal in waste water stabilization ponds. Water, Air and Soil Pollution, 94: 125–136, 1997.

[9] MIDDLEBROOKS, E.J. Upgrading pond effluents: an overview. Water Science and Technology, 31(12): 353-368, 1995.

[10] MUYZER, G.; HOTTENTRAGER, S.; TESKE, A.; WAWER, C. Denaturing Gradient Gel Electrophoresis of PCR-Amplified 16s rDNA – A New Molecular Approach to Analyze the Genetic Diversity of Mixed Microbial Communities. Molecular Microbial Ecology Manual 3.4.4.,1-23, 1996.

[11] SCHMIDT, E. L.; BELSER, L. W., Nitrifying Bacteria. In: Page, A. Lee; Miller, R. H.; Keeney, D. R. Chemical and microbiological properties. American society of agronomy. Soil Science Society of America, Wisconsin, USA, 1984.

[12] VALERO, C. M.A, READ, L.F., MARA, D.D., NEWTON, R.J., CURTIS, T.P., DAVENPORT, R.J. Nitrification-denitrification in waste stabilisation ponds: a mechanism for permanent nitrogen removal in maturation ponds. Water Science and Technology, 61 (5): 1137 – 1146, 2010.

[13] TIEDJE, J.M.; Denitrification. In: Page, A. Lee; Miller, R. H.; Keeney, D. R. Chemical and microbiological properties. American society of agronomy. Soil Science Society of America, Wisconsin, USA, 1984.

Capítulo 6

Tratamento do efluente da indústria de laticínios por biorreator a Membrana de Leito Móvel Misto: Avaliação na remoção de demanda química de oxigênio e fenol

Guilherme Gavlak
Fernanda Filipaki
Carlos Magno de Sousa Vidal
Jeanette Beber de Souza

Resumo: Devido à grande quantidade de indústrias do ramo de laticínios no Brasil e seu elevado potencial poluidor por meio dos seus efluentes líquidos, principalmente em função das elevadas concentrações de demanda química de oxigênio solúvel (DQOs) e de fenol, se faz necessário o desenvolvimento e aprimoramento de estudos de tratabilidade dos mesmos. Destacando-se entre os demais, os biorreatores a membrana (BRM), os quais são sistemas de tratamento de efluentes que unem em uma mesma unidade a degradação biológica e o processo de separação por membranas, estes são responsáveis por elevadas eficiências de tratamento. Entretanto, a adição de um leito móvel nesses sistemas, favorece o crescimento de microrganismos aderidos no mesmo, aumentando a concentração de biomassa no reator, assim como a diversidade microbiológica, melhorando ainda mais suas eficiências. Portanto, o presente estudo buscou avaliar a eficiência na remoção de DQOs e de fenol do efluente da indústria de laticínios por meio do sistema de tratamento composto por biorreator a membrana de leito móvel misto. O BRM utilizado possuía 30% do seu volume útil preenchido com leito móvel e foi operado por um período de 60 dias. O tempo de detenção hidráulica, a idade do lodo e o fluxo do permeado adotados foram de 20 horas, 20 dias e 5,7 $m^2.h^{-1}$, respectivamente. As eficiências totais médias obtidas em função da remoção de DQOs e de fenol foram 97,9 e 94,4 %, respectivamente, destacando as baixas concentrações de tais parâmetros no efluente tratado, enquadrando-o nos padrões de lançamento regidos pela legislação pertinente em corpos hídricos, em função dos parâmetros avaliados.

Palavras-chave: Biorreator a Membrana de Leito Móvel, Efluentes Industriais, Matéria Orgânica, Filtração por Membranas, Tratamento Biológico.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem a indústria de laticínios como uma das suas principais atividades econômicas no país, o que o torna mundialmente um dos maiores produtores de leite e derivados. Assim como as demais atividades industriais, os laticínios são responsáveis por gerar diversos impactos ambientais quando seus efluentes líquidos não são gerenciados de maneira correta, afetando toda a qualidade e a biodiversidade do corpo hídrico receptor.

Dentre os principais impactos ambientais relacionados a esse tipo de efluente, destacam-se como responsáveis destes, as elevadas concentrações de demanda química de oxigênio (DQO) e fenóis. Devido aos grandes teores de material orgânico no efluente oriundo da indústria de laticínios, estes resultam em abundantes valores de DQO, todavia, são encarregados pela diminuição excessiva do oxigênio dissolvido em corpos hídricos por meio do consumo na degradação destes materiais por microrganismos aeróbios, resultando na eutrofização do meio aquático. A presença do fenol neste tipo de efluente está relacionada a utilização de produtos químicos como detergentes e surfactantes nos processos de limpeza dos tanques, maquinários e pisos da indústria. Os compostos fenólicos possuem difícil degradação, onde raramente são removidos por sistemas biológicos nas estações de tratamento de efluentes, portanto, os mesmos podem chegar até os corpos hídricos e afetar toda a biodiversidade local, sendo capaz de atingir o ser humano devido ao seu elevado poder de bioacumulação e causar danos à saúde.

Devido aos diversos problemas ambientais relacionados a esse tipo de efluente, faz-se necessário o estudo, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias para a redução destes, destacando-se os biorreatores a membrana (BRM), unindo eficiência e compactação numa mesma unidade, obtendo um efluente tratado de ótima qualidade. Com o objetivo de otimizar ainda mais o sistema, melhorando a degradação biológica a partir do aumento da concentração e da diversidade da biomassa no reator, faz-se a inserção de peças plásticas as quais compõem um leito móvel, para o crescimento de microrganismos aderidos a este material suporte, favorecendo a criação de diferentes zonas e gerando uma maior eficiência na remoção de material orgânico e alguns compostos específicos.

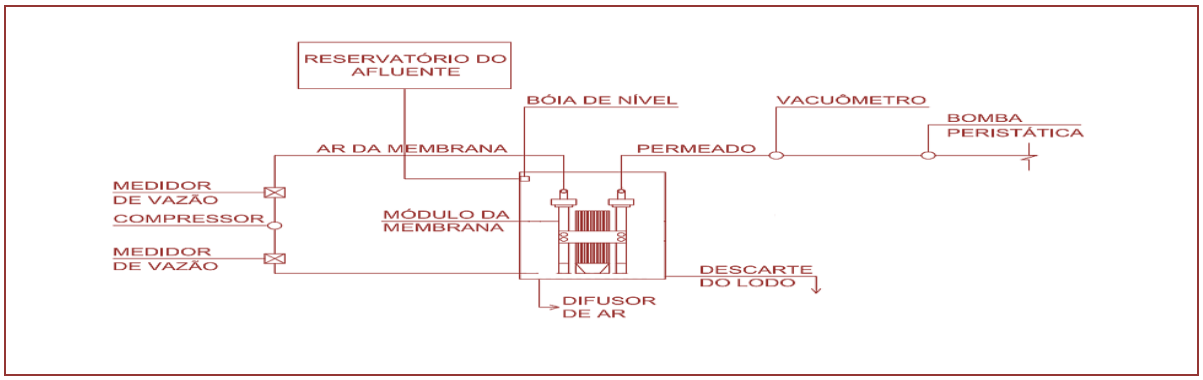
Entretanto, à carência em estudos de tratabilidade dos efluentes oriundos na indústria de laticínios a partir de biorreatores a membrana de leito móvel, principalmente quando se tratado da utilização de um material suporte misto, ou seja, com dois ou mais tipos peças compondo o recheio. Porém, este tipo de tratamento mostra-se promissor no gerenciamento correto deste efluente, podendo obedecer os padrões de lançamento exigidos pela legislação. Portanto, o presente estudo buscou avaliar a eficiência na remoção de demanda química de oxigênio solúvel e de fenol do efluente oriundo da indústria de laticínios, por meio do tratamento utilizando biorreator a membrana de leito móvel misto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A unidade experimental utilizada era composta por um tanque de acrílico em formato retangular com um volume total e útil de 60 e 57 litros, respectivamente. A aeração de fundo e da membrana foram fornecidas por um compressor de ar com uma taxa de aeração da membrana de 3 $m^3.m^{-2}.h^{-1}$. A filtração foi efetuada a partir de uma bomba peristáltica digital e um módulo de membrana submerso com poro nominal de 0,03µm e uma área de filtração de 0,5 m^2, de modo intermitente, sendo 8 minutos filtrando e 1 minuto parado para o relaxamento da membrana e arraste dos sólidos aderidos, esse processo era automatizado a partir de uma placa de arduíno. A alimentação do sistema foi realizada de forma contínua e regida por uma boia a medida que houvesse a retirada do permeado.

A representação esquemática do biorreator a membrana utilizado na presente pesquisa foi adaptada de Orth (2020) e está apresentada na Figura 1.

Figura 1: Representação esquemática do biorreator a membrana utilizado



O efluente utilizado no presente estudo foi coletado semanalmente em uma indústria de laticínios a qual tem como produto principal a fabricação de queijos e demais derivados do leite. Este era coletado após passar por processos de separação do material sólido e gorduroso, sendo uma caixa de gordura, um flotador e uma lagoa de decantação. A biomassa foi coletada na mesma indústria, na lagoa aerada do sistema de tratamento, posteriormente foi concentrada por meio da sedimentação dos sólidos e aclimatada até a estabilização da concentração de sólidos suspensos voláteis para que fosse realizado o início do estudo.

O leito móvel misto utilizado foi composto por dois tipos de materiais suporte os quais estão apresentados na Tabela 1, sendo 15% do volume útil de 57 litros do reator preenchido por cada, totalizando 30% de recheio, seguindo as recomendações de Rusten *et al*. (2006).

Tabela 1: Características do leito móvel misto utilizado

Tipo	Material	Área Superficial $m^2.m^{-3}$	Diâmetro mm
1	Polipropileno	700	30
2	Polietileno	550	15

As condições operacionais do sistema estão apresentadas na Tabela 2, onde adotou-se os valores dispostos na literatura (HASAN, 2014).

Tabela 2: Condições operacionais do sistema

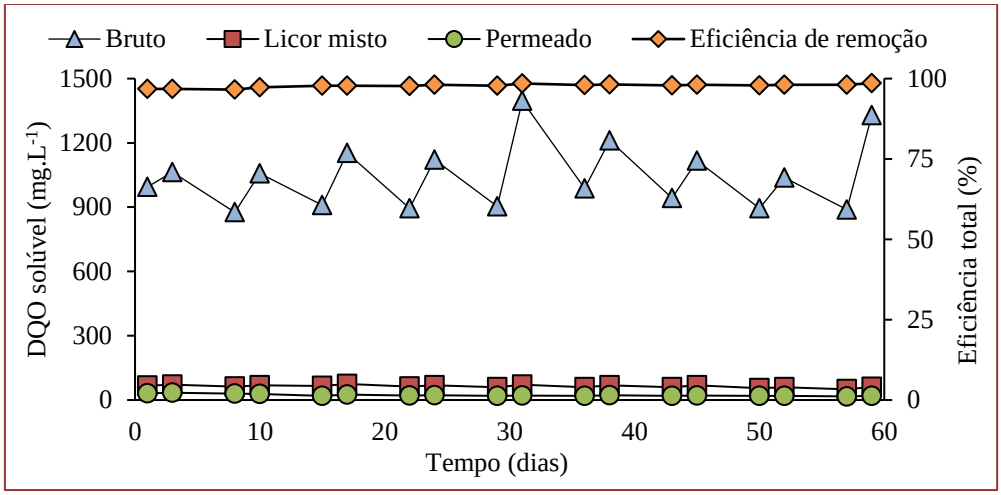
Idade do Lodo dias	Tempo de Detenção Hidráulica horas	Fluxo do Permeado $m^2.h^{-1}$	Tempo de Operação dias
20	20	5,7	60

Com a finalidade de realizar o monitoramento da eficiência do sistema, foram realizadas análises de demanda química de oxigênio solúvel (DQOs) e de fenol em três pontos do mesmo, no efluente de forma bruta, ou seja, antes do tratamento proposto, no licor misto, dentro do reator aeróbio após os processos de degradação biológica, e no permeado, posteriormente a degradação e filtração por membranas, sendo este, o efluente tratado. Para a realização das análises, foram seguidas as metodologias indicadas no Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed. 23rd (APHA, 2017). As amostras coletadas no licor misto foram previamente filtradas em membranas de acetato celulose de 0,45 µm para que posteriormente fossem realizadas as análises

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão apresentados os resultados obtidos nas análises de DQOs nos três pontos avaliados, assim como a eficiência total ao decorrer da operação do sistema.

Figura 2: Comportamento da DQO solúvel e sua eficiência total de remoção



Ao decorrer da operação do sistema, o valor médio obtido da concentração de DQOs no efluente bruto durante o período em estudo foi de 1016 ± 154,9 mg.L^{-1}. A degradação biológica mostrou-se significativa na remoção deste parâmetro, visto que a concentração média de DQOs no licor misto foi de 67 ± 7 mg.L^{-1}, obtendo uma eficiência média de remoção a partir da degradação igual a 93,6 ± 0,52 %. A concentração média de DQOs no permeado, ou seja, após o tratamento, foi de 21 ± 5 mg.L^{-1},onde obteve-se uma eficiência média total do sistema de 97,9 ± 0,56 %.

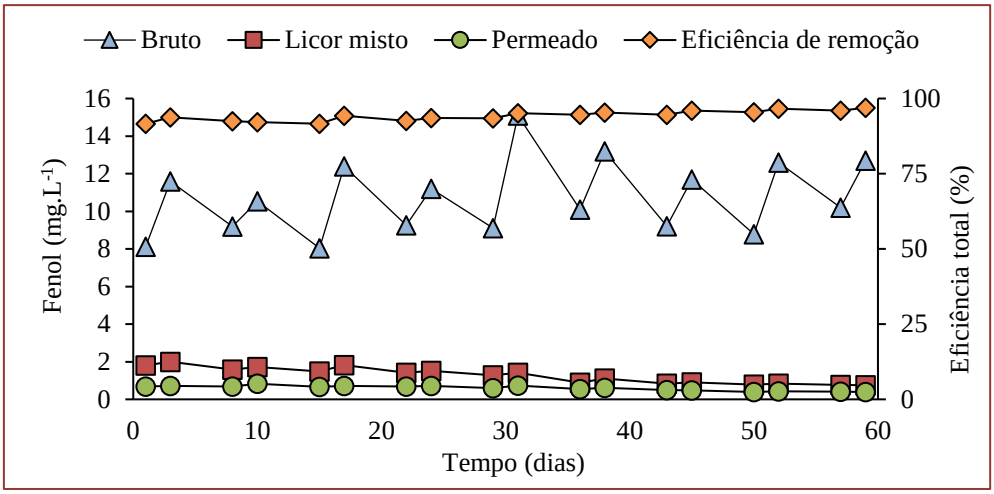
O efluente da indústria de laticínios por possuir elevadas concentrações de material orgânico, apresenta elevado teor de demanda química de oxigênio, o que ainda é favorecido pela utilização de produtos químicos nos processos de limpezas do sistema de produção e de pisos. Segundo Von Sperling (2009), valores abaixo de 2,5 para a relação DQO e DBO_5 de determinado tipo de efluente, denota-se que o mesmo possui biodegradabilidade considerável, como se faz presente no estudo (1,24). Portanto, essa elevada porcentagem de material biodegradável fez com que a eficiência da degradação biológica fosse alta, assim como, devido ao desenvolvimento de microrganismos assimiladores de compostos específicos presentes no efluente, e ao aumento da concentração de biomassa por meio da adição do material suporte.

Em seu estudo, Andrade et al. (2013) ao utilizar um biorreator a membrana com material suporte no tratamento de vinhoto, sendo este um resíduo líquido oriundo da destilação fracionada do caldo de cana-de-açúcar fermentado para a obtenção do etanol, obtiveram uma eficiência de remoção de DQO de 94%. Portanto, o valor obtido na presente pesquisa encontra-se próximo a literatura, mesmo que o leito móvel utilizado seja misto, a alimentação de forma contínua e tratando outro tipo de efluente.

Em relação ao fenol, na Figura 3 estão dispostos os valores obtidos ao decorrer da operação do sistema nos três pontos de amostragem e a eficiência total do tratamento.

Durante o período analisado, a concentração de fenol no efluente bruto, possuiu uma média igual a 10,37 ± 1,95 mg.L^{-1}, enquanto no licor misto, esta foi reduzida para 1,34 ± 0,42 mg.L^{-1}, obtendo uma eficiência média de degradação igual a 88,55 ± 4,81 %. Após os processos de degradação e filtração por membrana, a concentração média de fenol no permeado foi de 0,64 ± 0,13 mg.L^{-1}, resultando numa eficiência média total de 94,4 ± 1,68 %. Nota-se que a partir do 43° dia, a eficiência da degradação biológica, assim como, a eficiência total do sistema sofreram acréscimos, onde obteve-se uma redução ainda maior da concentração de fenol no permeado chegando a 0,39 mg.L^{-1}.

Figura 3: Comportamento do fenol e sua eficiência total de remoção



A partir das análises do efluente bruto, nota-se elevadas concentrações de fenol no mesmo, as quais se dão principalmente da utilização de produtos químicos nos processos de limpeza da indústria. Ao decorrer da operação do BRM com a inserção do leito móvel misto, houve um aumento na remoção deste composto em função da degradação biológica no licor misto, isso está possivelmente relacionado a uma melhor aclimatação das bactérias presentes, principalmente as de crescimento aderido ao material suporte com o fenol, sendo mais facilmente assimilado por elas, assim como devido a maior concentração de biomassa no reator. Excepcionalmente a partir do 43° dia, foram obtidos valores no permeado dentro dos padrões de lançamentos de efluentes exigidos pela Resolução CONAMA 430/2011 em relação aos fenóis, ou seja, o limite máximo de 0,5 $mg.L^{-1}$ não foi ultrapassado até o final da operação, fato esse significante quando referido a um sistema biológico e físico de tratamento, pois, esses compostos fenólicos são dificilmente degradados biologicamente. Portanto, a eficiência obtida é de grande importância devido à pouca existência de estudos relacionando este tipo de composto com o efluente da indústria de laticínios, ainda que o mesmo possui elevado potencial poluidor e pode afetar toda a cadeia trófica.

4. CONCLUSÕES

Por meio dos fatos apresentados, conclui-se que a utilização do sistema composto por um biorreator a membrana de leito móvel misto, mostra-se eficiente no tratamento do efluente da indústria de laticínios em função da remoção de demanda química de oxigênio solúvel e de fenol. As eficiências obtidas para tais parâmetros são suficientes para o cumprimento dos padrões de lançamentos impostos pela legislação ambiental pertinente no território brasileiro.

REFERÊNCIAS

[1] ANDRADE, L. H.; SANTOS, L. S.; SOUZA, M.; ESPINDOLA, J. C.; AMARAL, M.C.S. Comparação do desempenho de biorreatores com membranas com e sem leito móvel para tratamento de vinhoto. In: 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013, Goiânia. Anais do 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2013.

[2] BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução n° 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, DF, 2011.

[3] HASAN, S. W.; ELEKTOROWICZ, M.; OLESZKIEWICZ, J. A. Start-up period investigation of pilot-scale submerged membrane electro-bioreactor (SMEBR) treating raw municipal wastewater. Chemosphere, v. 97, p. 71-77, 2014.

[4] ORTH, R. Tratamento de efluente de indústria papeleira por eletrobiorreator a membrana visando a remoção de nutrientes e matéria orgânica. IRATI, PR. 2020. 82 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental - Mestrado / Associação Ampla com UEPG) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati – PR.

[5] RUSTEN, B.; EIKEBROKK, B.; ULGENES, Y.; LYGREN, E. Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors. Aquacultural Engineering, v. 34, p.322–331, 2006.

[6] STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. 23rd, Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 2017.

[7] VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. 4. reimp. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2009.

Capítulo 7

Aplicação do método estatístico DCCR na remoção de corantes em efluente têxtil por processo de adsorção

Fabíola Tomassoni
Elisângela Edila Schneider
Cristiane Lisboa Giroletti
Maria Ángeles Lobo Recio
Flávio Rubens Lapolli
Maria Eliza Nagel Hassemer

Resumo: A indústria têxtil se caracteriza pelo alto consumo de água e, consequentemente, pelos expressivos volumes de efluentes gerados. Os efluentes líquidos provenientes da indústria têxtil podem causar danos aos corpos hídricos receptores por apresentarem substâncias potencialmente tóxicas como os corantes. Em geral, o tratamento convencional destes efluentes não degrada/remove totalmente estes poluentes. Neste contexto, o processo de adsorção foi investigado com o intuito de remover os corantes *Levafix Brilliant Red* e *Remazol Preto B 133%* e otimizar os parâmetros operacionais: velocidade de agitação e dose de adsorvente. O presente trabalho avaliou o processo de adsorção com carvão ativado produzido a partir de folhas de *Cássia fistula L.* através do método estatístico delineamento composto central rotacional (DCCR) aplicado em efluente têxtil sintético. Os resultados do processo de adsorção com carvão ativado produzido a partir de folhas de *C. fistula L.* revelaram o potencial da aplicação do processo com valores de velocidade de agitação próximas de 100 rpm e dose de adsorvente de 12,5 $g.L^{-1}$, atingindo remoção da concentração dos corantes superior a 90%. O tempo de contato entre o efluente e o adsorvente estabelecido em 30 minutos contribuiu para a efetividade do processo no tratamento do efluente têxtil sintético e demostrou capacidade para aplicação em efluentes em escala real.

Palavras-chave: Adsorção, *Cássia fistula L.*, Efluente Têxtil, Método Estatístico DCCR.

1. INTRODUÇÃO

O setor têxtil é um dos maiores consumidores de água e, consequentemente, geradores de grandes volumes de efluentes, os quais, quando não corretamente tratados, podem causar sérios problemas de contaminação ambiental. O efluente têxtil é caracterizado por ser altamente colorido devido à presença de corantes que não se fixam nas fibras durante o processo de tingimento (RAJORIYA et al., 2018). Estes efluentes podem apresentar alta complexidade e variabilidade de acordo com o tipo de atividade e processo industrial. Em geral, cerca de 90% dos produtos químicos utilizados no beneficiamento têxtil são eliminados junto com o efluente e 20% dos corantes não são fixados à fibra durante o processo de tingimento (CARDOSO, 2012). Com o elevado consumo de água, o baixo aproveitamento dos insumos e a geração de efluentes com elevada carga orgânica, essa atividade se tornou um potencial poluidor do meio ambiente (KARTHIKEYAN et al., 2017).

Os processos convencionais de tratamento de efluentes, em geral, não são capazes de degradar/remover as estruturas moleculares complexas da maioria dos corantes. Quando não corretamente tratadas, essas águas residuárias podem causar sérios problemas de contaminação ambiental e potencializar os riscos à saúde das pessoas, os quais estão associados à entrada de componentes tóxicos nas cadeias alimentares de animais e seres humanos, podendo ser carcinogênicos e/ou mutagênicos (KUMAR et al., 2017).

Nos últimos anos, têm-se buscado novas tecnologias para a degradação ou remoção dos corantes com o intuito de adequar o efluente tratado perante a legislação para lançamento nos corpos receptores. Entre as tecnologias de tratamento, a adsorção provou ser um dos métodos físico-químicos mais eficazes para a remoção de poluentes. Recentemente, alguns pesquisadores têm se concentrado na utilização de adsorventes produzidos a partir de materiais de baixo custo e que sejam abundantes, a fim de substituir o carvão ativado convencional (KANKILIÇ et al., 2016; AHMED, 2017). A produção desses biocarvões alternativos ao carvão ativado resulta em produtos com valor agregado que podem resolver problemas ambientais, como acúmulo de resíduos agrícolas, poluição de água e ar, além de serem eficazes na adsorção de diversos poluentes (NOR et al., 2013).

As folhas de árvores vêm se tornando alvo desta temática e são consideradas matérias-primas potencialmente promissoras para a produção de biocarvão (NOR et al., 2013; KANKILIÇ et al., 2016; AHMED, 2017). Constituídas basicamente por três componentes (celulose, hemicelulose e lignina), as folhas apresentam alto teor de carbono e estrutura molecular semelhante ao carvão betuminoso, muito eficiente no processo de adsorção (ROSS; POSSETI, 2018). Entretanto, a concentração relativa destes componentes em cada tipo de folha pode variar em função do tipo e da espécie vegetal avaliada.

A árvore de *Cássia fistula L.*, popularmente conhecida como “chuva de ouro”, é uma espécie nativa da Índia, encontrada em vários países, tais como México, África do Sul, China e Brasil (VIEGAS et al., 2006). A casca do caule, os ramos, as vagens e sua massa interna têm sido foco de vários estudos como adsorventes de baixo custo (SENNIAPPAN et al., 2016; SIKRI; DHANDA; DALAL, 2018). Entretanto, a produção de adsorventes com as folhas de *C. fistula* não foi reportada na literatura em processos de adsorção.

Neste contexto, um planejamento fatorial de experimentos foi utilizado como estratégia de otimização alternativa ao método de tentativa e erro, envolvendo diferentes variáveis e interações, a fim de encontrar os parâmetros ótimos do processo de adsorção na remoção dos corantes pelo biocarvão produzido. Essa estratégia permite que variáveis ou fatores sejam analisados simultaneamente em diferentes níveis, minimizando o número de análises que precisam ser realizados em experimentos. Para o estudo foi escolhido o delineamento composto central rotacional (DCCR), pois apresenta menor número de combinações de níveis de fatores e maior interação do processo.

O presente trabalho objetivou otimizar o processo de adsorção com carvão ativado produzido com folhas de *C. fistula L.* através do método estatístico delineamento composto central rotacional (DCCR), considerando como principais parâmetros a velocidade de agitação e a dose de adsorvente em função da remoção dos corantes *Levafix Brillant Red* e *Remazol Preto B 133%* de efluente têxtil sintético.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

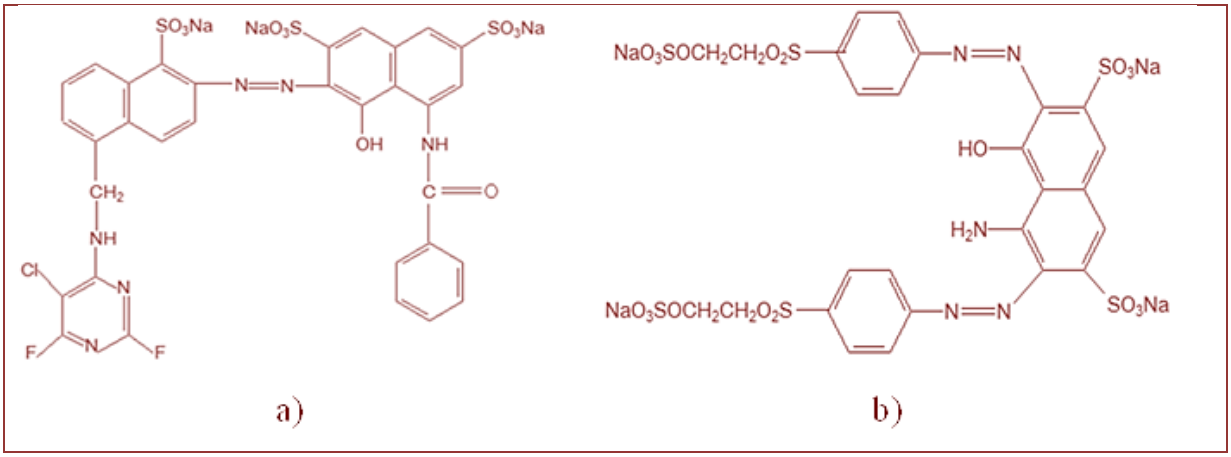
- Efluente Sintético

O efluente sintético foi preparado conforme a metodologia de Mo et al. (2007), utilizando 25% da concentração original proposta pelos autores, cuja composição está detalhada na Tabela 1. Na Figura 1 estão apresentadas as estruturas químicas dos corantes têxteis utilizados: a) *Levafix Brillant Red* e b) *Remazol Preto B* 133%. As concentrações dos reagentes basearam-se na quantidade média encontrada em efluente têxtil industrial.

Tabela 1: Composição do efluente têxtil sintético

COMPOSIÇÃO	CONCENTRAÇÃO ($g.L^{-1}$)
Levafix Brilliant Red	0,020
Remazol Preto B 133%	0,020
Cloreto de sódio	2,000
Álcool Polivinílico	0,125
Sulfato de sódio	0,188

Figura 1: Estrutura química dos corantes: a) *Levafix Brillant Red*; b) *Remazol Preto B* 133%



- Preparação e ativação do biocarvão

As folhas de *C. fistula L.* foram recolhidas após sua queda natural e lavadas com água destilada a fim de remover quaisquer detritos e material particulado. Em seguida, as folhas passaram por uma etapa de secagem em estufa à 60ºC por 48 horas. Após esta etapa, as folhas foram trituradas, peneiradas e submetidas ao processo de carbonização com taxa de aquecimento de $10ºC.min^{-1}$ até 800ºC, permanecendo nesta temperatura por 1 hora. Após este processo, o material produzido foi armazenado em recipiente hermético para uso posterior. Neste estudo, optou-se em realizar somente a carbonização (ativação física) dispensando a etapa complementar de ativação química com o objetivo de reduzir os custos do processo.

- Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR)

O delineamento composto central rotacional (DRRC) consiste na obtenção de um modelo matemático representativo em termos dos principais parâmetros que descrevem certos fenômenos, dentro de certo nível de confiança, utilizando o mínimo possível de experimentos. Desta forma, permite-se o uso de métodos estatísticos na análise dos dados obtidos, resultando em objetividade científica nas conclusões (CALADO; MONTGOMERY, 2003).

A fim de avaliar a capacidade de adsorção do biocarvão produzido na remoção dos corantes *Levafix Brilliant Red* e *Remazol Preto B 133%* no efluente têxtil sintético, foi realizado um planejamento fatorial experimental através do método estatístico DCCR. De modo a obter a melhor condição do processo de adsorção, foram consideradas como variáveis independentes (2^2) a velocidade de agitação (X_1) e a dose de

adsorvente (X_2); e como variável dependente (resposta) a remoção da concentração dos corantes. O tempo de contato não foi considerado uma variável independente, pois o tempo ideal foi identificado em experimentos cinéticos realizados com a dosagem do biocarvão e a velocidade de agitação ideais determinada neste planejamento fatorial experimental (dados não apresentados).

No DCCR foram utilizados quatro ensaios com pontos fatoriais (+1 e -1), quatro ensaios com os pontos axiais (+1,41 e -1,41) e quatro ensaios com o ponto central (0), totalizando 12 ensaios (executados em duplicata). A matriz do delineamento experimental está representada na Tabela 2.

Os ensaios adsortivos do planejamento fatorial foram realizados em batelada com 200 mL do efluente têxtil sintético (em béquer de 250 mL) com agitação magnética (marca Dist) e a dose do biocarvão determinada pela matriz de dados (Tabela 2). O tempo de contato entre o efluente e o adsorvente foi de 30 minutos em temperatura ambiente (25ºC). Para a filtração das amostras, empregaram-se membranas de acetato de celulose com porosidade de 0,45 µm. Visando monitorar possíveis alterações intrínsecas às condições testadas, realizou-se um ensaio branco com efluente têxtil sintético sem o adsorvente.

Tabela 2: Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR)

	Ensaios	X_1	Velocidade de agitação (rpm)	X_2	Dose de adsorvente ($g.L^{-1}$)
Pontos Fatoriais	1	1	150	1	17,5
	2	1	150	-1	12,5
	3	-1	50	1	17,5
	4	-1	50	-1	12,5
Ponto Central	5	0	100	0	15,0
	6	0	100	0	15,0
	7	0	100	0	15,0
	8	0	100	0	15,0
Pontos Axiais	9	1,41	200	0	15,0
	10	-1,41	0	0	15,0
	11	0	100	-1,41	20,0
	12	0	100	-1,41	10,0

Como variável dependente do planejamento, foi escolhida a remoção da concentração dos corantes no efluente, que foi avaliada por espectrofotometria através da leitura da absorbância, utilizando espectrofotômetro (marca Hach, modelo DR/5000) no comprimento de onda de maior absorção do efluente na faixa do visível (548 nm). Nas condições experimentais pode-se aplicar a lei de Lambert-Beer entre as concentrações dos corantes e a absorbância das soluções. A eficiência de remoção dos corantes (RC%) foi determinada conforme a equação 1.

$$RC\ (\%) = ((A_{CST} - A_{CT})/A_{CST}).100 \qquad \text{equação (1)}$$

Onde: Ac_{ST} corresponde ao valor absorbância a 548 nm do efluente sem o tratamento; e A_{CT} corresponde ao valor da absorbância a 548 nm do efluente tratado.

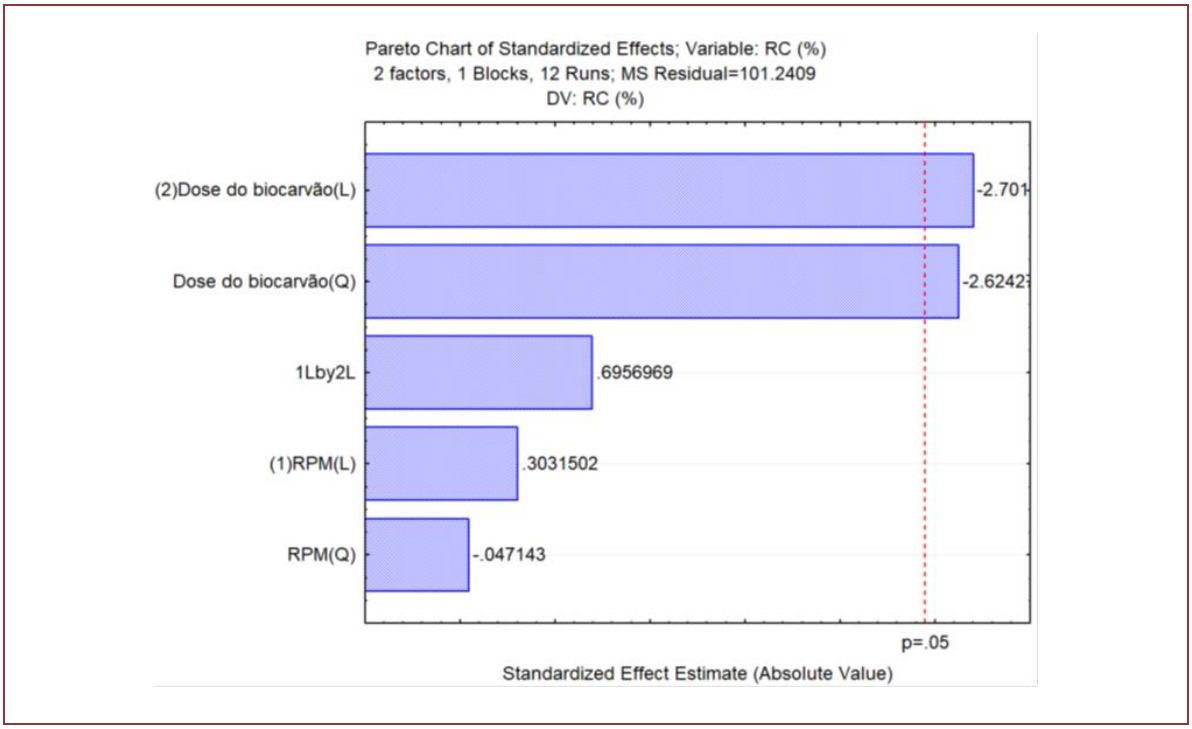
Posteriormente, a análise estatística dos resultados de todos os ensaios da matriz foi realizada por meio do programa Statistica® (Statsoft, Inc), através da análise de variância (ANOVA), para estimar os parâmetros estatísticos e avaliar a predição, ou a falta dela, a partir do modelo matemático.

3. RESULTADOS

As respostas obtidas de eficiência de remoção da concentração dos corantes por meio do DCCR e suas interações para o biocarvão produzido apresentaram remoção acima de 90%, confirmando adequabilidade do adsorvente produzido com folhas de *C. fistula L.* para a remoção dos corantes em efluentes têxteis com as dosagens e velocidade de agitação testadas.

Para validar o ajuste do modelo proposto com os resultados obtidos, realizou-se o teste da análise de variância (ANOVA) do modelo previsto para a remoção dos corantes (%), por meio do gráfico de Pareto, ilustrado na Figura 2. O gráfico de Pareto apresenta a significância dos resultados, com 95% de confiança, representado pela linha vermelha (p = 0,05). A extensão horizontal das barras fornece os resultados dos efeitos das variáveis lineares (L), quadráticas (Q) e da interação linear entre as variáveis independentes (1Lby2L).

Figura 2- Gráfico de Pareto para remoção da concentração dos corantes do efluente têxtil estudado para o adsorvente produzido com as folhas de *C. fistula L.*. L - Termos Lineares; Q - Termos Quadráticos; 1Lby2L - Interação entre velocidade de agitação e dose de biocarvão em termos lineares



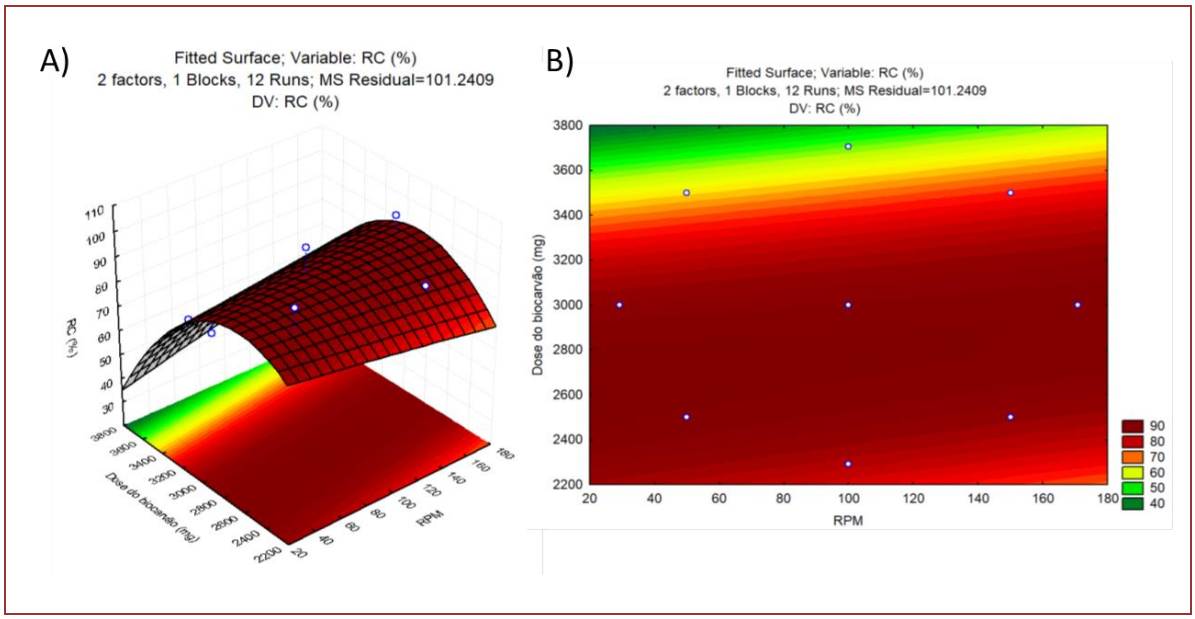
Nota-se pela Figura 2 que o termo linear e o termo quadrático da variável dose de adsorvente apresentaram, maior significância estatística com sinal do efeito negativo, indicando decréscimo na remoção da concentração dos corantes com aumento da variável. A interação das variáveis velocidade de agitação e dose de adsorvente, assim como a variável velocidade de agitação, em termos quadrático e lineares, não apresentaram significância neste intervalo de confiança de 95%.

Com base no gráfico de Pareto, realizou-se novamente o teste ANOVA mantendo as variáveis significativas, a fim de obter o modelo de remoção da concentração dos corantes (equação 2) no comprimento de onda em que ocorre a maior absorção (548 nm). Na Figura 3 podem ser observados o gráfico de superfície de resposta e o perfil de contorno obtidos pela equação 2.

$$\% \text{ RC (em 548 nm)} = 88{,}25 - 19{,}21\, x_1 - 20{,}87\, x_1^2 \qquad \text{equação (2)}$$

Onde: x_1 é a dose de adsorvente ($g.L^{-1}$).

Figura 3- Perfil de contorno (A) e superfície de resposta (B) em relação à remoção da concentração dos corantes do efluente têxtil sintético pelo processo de adsorção



Conforme apresentado na Figura 3, é possível observar que as maiores eficiências na remoção da concentração dos corantes (valores superiores a 90% de remoção) foram observadas quando o efluente foi submetido a menores dosagens do biocarvão (entre 12,8 e 14 $g.L^{-1}$) e com valores de velocidade de agitação baixas. Pode-se observar pelos gráficos que quanto maior a dose de adsorvente, menor a porcentagem de remoção da concentração dos corantes (<50%), não importando a velocidade de agitação utilizada.

Com os resultados apresentados foi possível determinar estatisticamente os valores críticos ideais de máxima eficiência do processo de remoção da concentração dos corantes de forma independente. Confirmou-se, de forma geral que a dose de adsorvente ideal é de 12,5 $g.L^{-1}$ e velocidade de agitação próximas de 100 rpm para remoções da concentração dos corantes superiores a 90%. Este fato indica que experimentos futuros terão melhores resultados nestas condições.

Os resultados obtidos apontam o processo de adsorção com carvão ativado produzido a partir de folhas de *C. fistula L.* como promissor no tratamento de efluentes da indústria têxtil, podendo contribuir para o tratamento do efluente industrial. A eficiência máxima de remoção da concentração dos corantes foi superior a 90%. A partir da otimização dos parâmetros operacionais investigados no planejamento fatorial experimental utilizado (DCCR) percebeu-se adequação das condições e padrões de lançamento de efluentes para cor verdadeira em até 75 mg $Pt.L^{-1}$, valor base exigido na legislação pertinente Resolução n° 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2005).

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que a adsorção é um processo eficiente para descoloração de efluentes têxteis. A velocidade de agitação e a dose de adsorvente são variáveis importantes que podem afetar a eficiência de descoloração. A utilização do biocarvão produzido a partir das folhas de *C. fistula L.* para adsorção dos corantes do efluente têxtil sintético apresentou como variável significativa no intervalo de confiança de 95% a variável dose de adsorvente.

A efetividade do processo de adsorção para remoção das concentrações dos corantes em efluente têxtil é comprovada pelos bons índices de remoção dos corantes. As melhores condições operacionais com velocidade de agitação próximas de 100 rpm e dose de adsorvente igual a 12,5 $g.L^{-1}$, promoveram remoção da concentração dos corantes superior a 90%, se adequando as condições e padrões de lançamento de efluentes para cor verdadeira (Resolução CONAMA 357/2005).

O DCCR mostrou-se uma ferramenta simples e prática para planejar os experimentos e possibilitou a avaliação do efeito das variáveis independentes (velocidade de agitação e dose de adsorvente) e suas

interações, na remoção da concentração dos corantes do efluente. Além disso, também proporcionou o desenvolvimento do modelo matemático que poderá ser útil para a realização de previsões quanto à remoção dos corantes do efluente têxtil no intervalo de valores das variáveis independentes estudadas.

Os resultados obtidos apontam o processo de adsorção com o biocarvão produzido como promissor no tratamento de efluentes da indústria têxtil, evidenciado que a aplicação do adsorvente produzido com folhas de *C. fistula L.* é apta ao tratamento de efluentes com corantes tipos azo, comprovando ter grande potencial em promover a remoção da cor. Deste modo o biocarvão produzido pode contribuir para o tratamento do efluente industrial, além de contribuir para o desenvolvimento sustentável ao utilizar as folhas como matéria-prima alternativa na produção de adsorvente.

Sugere-se para o desenvolvimento de trabalhos futuros o estudo de outras variáveis independes como: pH da solução e a utilização de efluente têxtil real.

REFERÊNCIAS

[1] AHMED, M., 2017. Application of raw and activated Phragmites australis as potential adsorbents for wastewater treatments. Ecological Engineering, 102, 262-269.

[2] BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução no 357, de 17 de agosto de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

[3] CALADO, V., MONTGOMERY, D.C. Planejamento de Experimentos usando o Statisica. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais LTDA. p.260, 2003.

[4] CARDOSO, N. F. Adsorção de corantes têxteis utilizando biossorvente alternativos. Porto Alegre, 2012. Tese de doutorado-Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

[5] KANKILIÇ, G.B., METIN, A.U., TUZUN, I., 2016. Phragmites australis: An alternative biosorbent for basic dye removal. Ecological Engineering, 86, 85-94.

[6] KARTHIKEYAN, N., SIVARANJANI, T., DHANAVEL, S., GUPTA, V.K., NARAYANAN, V., STEPHEN, A. Visible light degradation of textile effluent by electrodeposited multiphase CuInSe2 semiconductor photocatalysts. Journal of Molecular Liquids, v.227, p.194-201, 2017.

[7] KUMAR, M.A., VIGNESHWARAN, G., PRIYA, M.E., SEENUVASAN, M., KUMAR, V.V., ANURADHA, D., SIVANESAN, S. Concocted bacterial consortium for the detoxification and mineralization of azoic-cum-sulfonic textile mill effluent. Journal of Water Process Engineering, v.16, p.199-205, 2017.

[8] MO, J., HWANG, J.E., JEGAL, J., KIM, J. Pretreatment of a dyeing wastewater using chemical coagulants. Dyesand Pigments, v.72, p.240-245, 2007.

[9] NOR, N.M., LAU, CHUNG, L., LEE, TEONG, K., MOHAMED, A.R., 2013. Synthesis of activated carbon from lignocellulosic biomass and its applications in air pollution control—a review. Journal of Environmental Chemical Engineering, 1, 658-666.

[10] RAJAMOHAM, N; RAJASIMMAN, M. Biosorption of Selenium using activated plant based sorbent – Effect of variables, isotherm and kinetic modeling. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, v.4, p.795-800, 2015.

[11] ROSS, B. Z. L; POSSETI, G. R. C. Tecnologias potenciais para o saneamento: remoção de metais de águas de abastecimento público. Curitiba: Sanepar, 2018.

[12] SENNIAPPAN, S; PALANISAMY, S; SHANMUGAM, S; GOBALSAMY, S. Adsorption of Pb (II) from aqueous solution by Cassia fistula seed carbon: Kinetics, equilibrium, and desorption studies. Environmental Progress & Sustainable Energy, v.36, p.138-146, 2016.

[13] SIKRI, N; DHANDA, S; DALAL, S. Kinetics of urease inhibition by different fractions of Cassia fistula. South African Journal of Botany, 2018.

[14] VIEGAS JUNIOR, C; REZENDE, A; SILVA, D. H. S; CASTRO-GAMBÔA, I; BOLZANI, V. S. Aspectos Químicos, Biológicos e Etnofarmacológicos do Gênero Cassia. Química Nova, v.29, p.1279-1286, 2006.

Capítulo 8

Setorização de um Sistema de Esgotamento Sanitário II - Índice de Desempenho

Moema Felske Leuck
Carlos André Bulhões Mendes

Resumo: O objetivo do trabalho foi desenvolver um Índice de Desempenho do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) Ponta da Cadeia, na cidade de Porto Alegre, estado do Rio Grande do Sul (RS), para a avaliação comparativa entre as unidades de análise denominadas Meso Setores Sanitários (MSS). Os MSS foram planejados de forma a viabilizar, operacional e economicamente, o monitoramento das águas urbanas. O índice foi composto a partir dos indicadores do Sistema Nacional de Informações do Saneamento (SNIS), do Instituto Trata Brasil (ITB), da *Water Services Regulation Authority (*OFWAT) e dos propostos pela pesquisa. A base de dados foi obtida do cadastro georreferenciado da prefeitura de Porto Alegre do ano de 2018 e das planilhas dos serviços operacionais da concessionária do ano de 2016. O SES tem índices de coleta de esgoto de 92,89%, sendo que o desafio é a melhoria do desempenho do sistema de coleta e condução dos esgotos para a Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Serraria. Para isso, é necessário maximizar a coleta dos esgotos, atingir a carga orgânica compatível com a população atendida, reduzir as ligações clandestinas, a infiltração, as interconexões e os extravasamentos. O aspecto crítico está relacionado ao baixo nível de informações sobre as ligações de esgoto: apenas 37,82% das ligações foram vistoriadas, o que está relacionado aos baixos valores da carga orgânica afluente à ETE. Os indicadores foram calculados, normalizados e ponderados a fim de obter o Índice de Desempenho e a classificação dos setores sanitários. A classificação permitiu a proposição de ações específicas para a melhoria do desempenho dos MSS. A adoção de indicadores locais é uma ferramenta apropriada para avaliar a eficiência das prestadoras de serviço pelas agências reguladoras e órgãos ambientais, para estabelecer metas de atendimento do serviço e para dar suporte à gestão e aos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB).

Palavras-chave: setor sanitário, esgoto sanitário, índice, indicadores.

1. INTRODUÇÃO

As metas relacionadas com a melhoria da cobertura e da gestão do saneamento abrangem a escala mundial através dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015). O Brasil é signatário do acordo para o cumprimento dos ODS através dos programas lançados pelo governo federal, como o Plano Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) e o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), passando pelos Planos Estaduais de Recursos Hídricos (PERH) até a escala local, através dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB).

O PLANSAB definiu as diretrizes genéricas referentes à universalização dos serviços de saneamento básico. Para tanto, estabeleceu as seguintes metas para atingi-las: curto prazo (2018); médio prazo (2023); e longo prazo (2033). Ocorre que para estas metas serem possíveis de se alcançar, é preciso criar indicadores novos e adequados às diferentes escalas de abordagem. De igual forma, é preciso tornar mais robustos os atualmente utilizados, permitindo avaliar com mais profundidade o saneamento nas áreas urbanas.

A formulação de indicadores vem se consolidando como uma importante ferramenta para planejamento e avaliação de políticas públicas, entre elas a política ambiental urbana e o saneamento. A correta utilização e leitura dos indicadores possibilitam o fortalecimento das decisões, facilitando, entre outras dinâmicas, a participação da sociedade. Contudo, a maioria dos municípios ainda não fornecem dados integrais ao SNIS e não desenvolveram indicadores para atender às suas necessidades.

Criado em 1996 e vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) reúne informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro, contábil e de qualidade da prestação de serviços de saneamento básico em áreas urbanas das quatro componentes do saneamento básico. Também é responsável pela avaliação do desempenho dos serviços de saneamento. O Sistema Nacional de informações sobre o Saneamento Básico (SINISA) constitui a evolução do SNIS, com as ampliações de escala e de escopo, complementações de informações e indicadores, coletando informações junto aos titulares, prestadores e entes reguladores e fiscalizadores dos serviços públicos de saneamento básico (SNIS, 2020).

Nas notas sobre o monitoramento, avaliação sistemática e revisão do PLANSAB existe o entendimento que o SINISA, observando a base inicial do SNIS, deverá, de forma articulada com o (Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SNIRH) e o Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA), dentre outros, gerar um expressivo conjunto de indicadores de natureza operacional e gerencial, de monitoramento, de resultado e de impacto para os quatro componentes do saneamento básico com o potencial de gerar um conjunto auxiliar e complementar de elementos de monitoramento, oferecendo um importante poder explicativo sobre possíveis desconformidades do alcance de metas estabelecidas. (SNIS, 2020).

A lacuna de informação sobre como o saneamento cumpre a sua função foi observada por vários autores. Schneider *et al.* (2017), no diagnóstico preliminar sobre os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos municípios que compõem a região do Conselho de Desenvolvimento da Serra (Corede Serra) - RS constata que “a ausência de estudos sobre a abrangência e prestação de serviços de saneamento, constitui uma importante lacuna nas pesquisas no Brasil”.

O estudo de Nirazawa *et al.* (2018), sobre as variáveis de saneamento para a elaboração de indicadores municipais, também evidenciou a necessidade de dados necessários para avaliar de forma completa o saneamento, considerando o conceito de saneamento básico adequado. Enquanto Curtarelli *et al.* (2018), aponta que o saneamento tem utilizado indicadores de abastecimento de água e tratamento de esgoto que não retratam a realidade das condições hídricas das fontes de abastecimento e a capacidade de as mesmas atenderem a população dentro de uma visão sustentável e de longo prazo.

Os investimentos em saneamento são importantes tanto para assegurar as condições de saúde da população e salubridade do ambiente urbano como para promover a preservação dos cursos d’água e a qualidade da água dos mananciais que abastecem da população. Entretanto, até o momento não se percebeu o impacto destes investimentos na melhoria da qualidade das águas dos arroios, rios e balneários. Este fato reforça a necessidade de desenvolver um conjunto de indicadores para avaliar a prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas áreas urbanas em uma escala adequada à gestão local.

A agregação por município ou prestador é útil para a gestão dos investimentos federais e para priorizar as demandas de expansão dos sistemas. Contudo, a gestão do desempenho necessita uma escala localizada de

agregação para que os indicadores de saneamento possam ser relacionados aos indicadores de qualidade das águas superficiais.

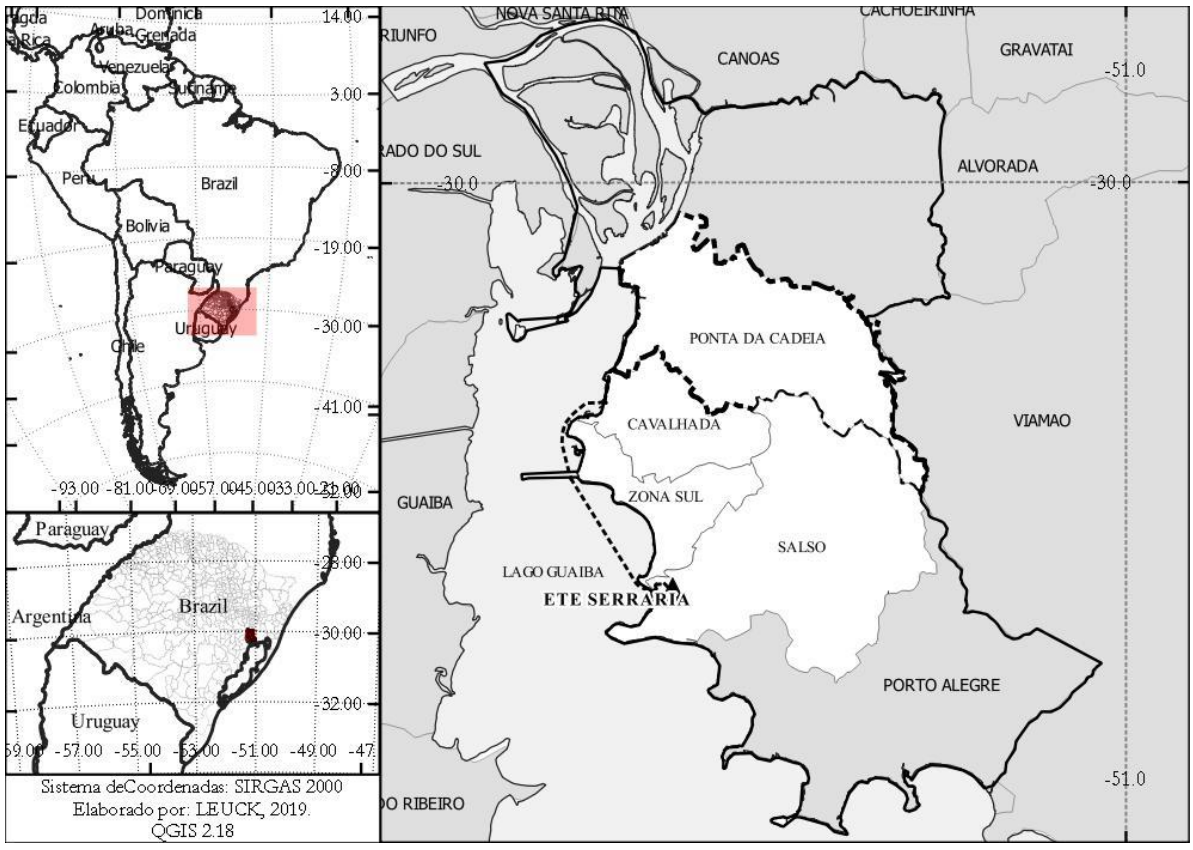
O estudo de Lopes *et al*. (2016), enfatizou que os indicadores escolhidos para compor um índice de desempenho devem retratar as características da área estudada e os problemas a ela relacionados. O que reforça a ideia de desenvolver indicadores locais pelos atores locais.

Porto Alegre ocupa o 31° lugar na classificação do ranking do saneamento 2018 (ITB, 2020) com 89,99% de atendimento de esgoto e 53,54% de esgoto tratado por água consumida. O SES Ponta da Cadeia está situado na cidade de Porto Alegre e, juntamente com os SES Cavalhada, Salso e Zona Sul têm a função de coletar e destinar os esgotos para tratamento na ETE Serraria, antes do lançamento no Lago Guaíba, corpo receptor e manancial de água da cidade, Figura 1.

O SES Ponta da Cadeia coleta os esgotos da bacia do Arroio Dilúvio e parte da bacia Almirante Tamandaré, adotando o sistema separador absoluto, segundo a NBR 9648/86. Possui rede implantada e em operação em 644,33 km de vias do total de 918,59 km, ou seja, 70,14% da área de abrangência do SES, conforme a base cadastral da prefeitura de Porto Alegre de 2015.

O SES alcançou o índice de atendimento de 92,89% da população conectada à rede coletora em 2018. Este fato indica a necessidade de mudar o foco da expansão para a melhoria da eficiência do sistema e propor ações que contribuam para atingir as metas de enquadramento das águas do Arroio Dilúvio. Segundo a Resolução estadual CRH 207 (RIO GRANDE DO SUL, 2016), o Arroio Dilúvio deve passar da classe 4 para as classes 2 (trecho alto) e 3 (trecho baixo) até 2026, para atender às metas intermediárias de enquadramento das águas superficiais da bacia hidrográfica do Lago Guaíba.

Figura1: Localização do SES Ponta da Cadeia e do Sistema Serraria



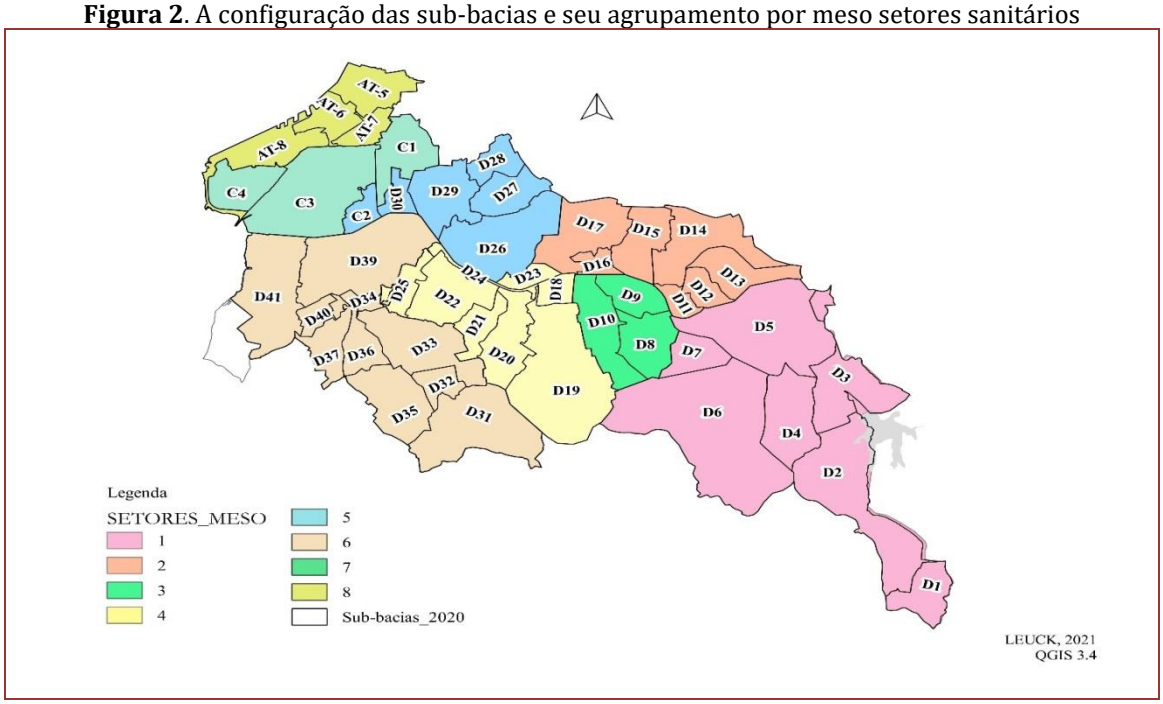
2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi criar um índice de desempenho através de indicadores dos serviços de saneamento, que seja compatível com a realidade local e que sirva como ferramenta de suporte para a melhoria de gestão do planejamento e dos serviços, para a elaboração de contratos, programas, convênios e para estabelecer metas de qualidade ambiental e operacional.

Baseado no índice de desempenho elaborado por Lopes (2016), que utilizou como unidade de comparação os bairros da cidade de Campina Grande no estado da Paraíba, este estudo desenvolveu indicadores adaptados à uma nova forma de agregação denominada Meso Setor Sanitário.

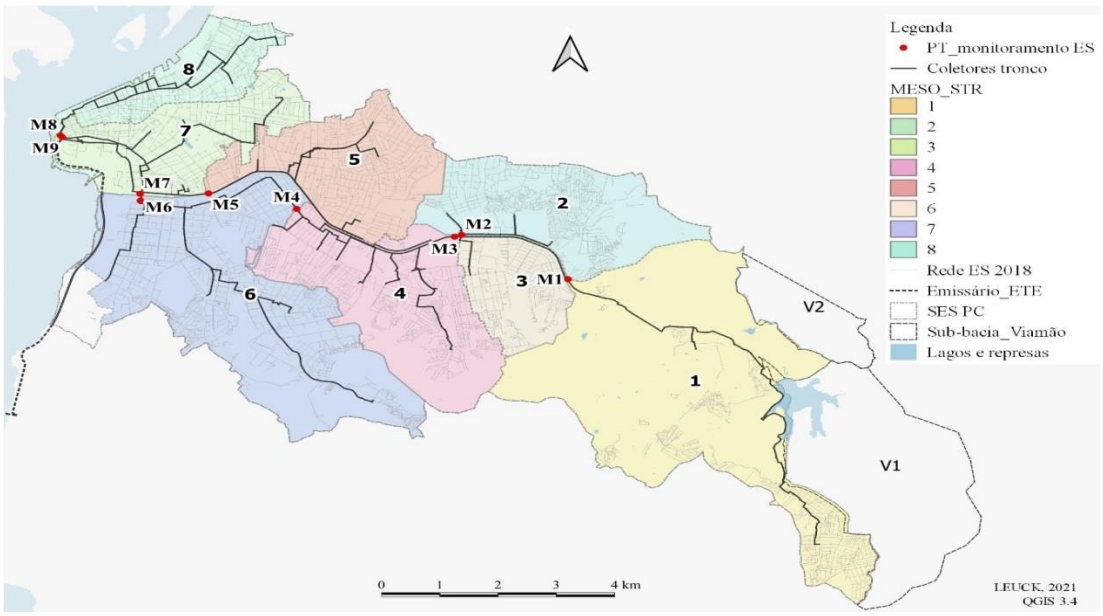
As 47 sub-bacias do SES foram agrupadas nas oito áreas que formam os Meso Setores Sanitários. O mapa da Figura 2 mostra a configuração das sub-bacias, que foram desenhadas de modo a agregar uma área de rede coletora a um exutório. O Meso Setor Sanitário é uma unidade de análise e monitoramento do SES com escala intermediária entre a sub-bacia e o SES com o objetivo de viabilizar ações de controle, de monitoramento e de modelagem integrada das águas urbanas. O grupo das sub-bacias de cada MSS tem como destino o ponto de monitoramento final daquele setor. O mapa da Figura 3 mostra os coletores tronco, os Meso Setores (1 a 8), a rede coletora e os pontos de convergência dos esgotos coletados, que estão representados pelos pontos de monitoramento da rede separadora, M1 a M9. Os pontos M7 e M9 são Estações de Bombeamento de Esgotos (EBE) e os demais são Poços de Visita (PV).

Figura 2. A configuração das sub-bacias e seu agrupamento por meso setores sanitários



O processamento dos dados com as ferramentas de geoprocessamento fornece uma rica fonte de opções para a análise espacial, revelando aspectos que não seriam vistos sem o uso desta ferramenta. Ao passar da escala da cidade para a de sistemas, os indicadores adquirem uma nova dimensão, pois passam a representar valores que estão relacionados às áreas de coleta e bombeamento, onde é possível medir e avaliar os resultados das ações.

Figura 3: Pontos de monitoramento dos esgotos sanitário no SES PC



3. METODOLOGIA

O processo se desenvolveu em três etapas metodológicas conforme o fluxograma da Figura 4. Para a elaboração dos indicadores compostos foi realizada uma abordagem mista para a análise de variáveis. A seleção dos indicadores envolveu as variáveis que refletiam as condições locais, enquanto a codificação envolveu o conhecimento da situação do saneamento.

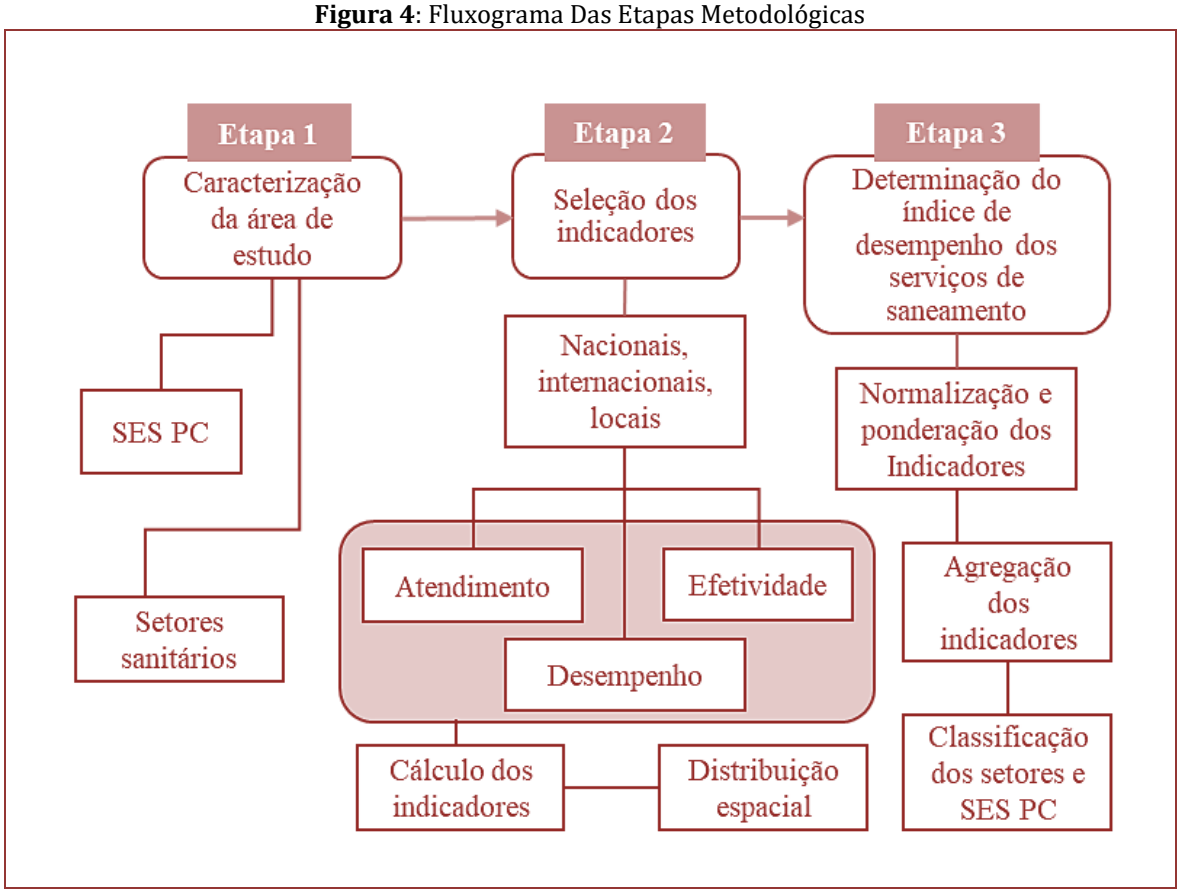
Para a etapa 1 foram utilizados como base de dados as informações do cadastro georreferenciado da prefeitura e os dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010. A análise espacial utilizou o Sistema de Informações Geográficas (SIG) através dos softwares de geoprocessamento Quantum GIS (QGIS) 2.18 e 3.4 e ARCMAP, 10.4.1. Os elementos vetoriais utilizados foram as camadas de ramais de ligação de água, de redes de esgoto sanitário e pluvial, Poço de Visita (PV), bacias e sub-bacias de esgotamento sanitário, curvas de nível, hidrografia e os setores censitários do IBGE.

Os ramais de água são categorizados por tipo de tarifa: Tarifa 1 – sem rede de esgoto; Tarifa 2 – com rede de esgoto sanitário, e Tarifa 3 – com rede pluvial. Os lotes considerados conectados ao SES são os caracterizados pela Tarifa 2, ao sistema de drenagem pluvial pela Tarifa 3 e, se não existir rede pluvial nem separadora no logradouro, pela Tarifa 1. Cada ramal de água é representado por um ponto localizado sobre a economia com diversos atributos referentes ao consumidor.

É importante salientar que no ramal com Tarifa 2 incide cobrança de tarifa de esgoto sanitário. Contudo, isso não quer dizer que os esgotos sanitários deste lote estejam conectados na rede e sim, que existe rede separadora na frente do imóvel (ou fundos) e foi instalada a Caixa Adicional de Coleta (CAC). O setor comercial considera como Tarifa 2 os ramais distantes até 20 m dos eixos viários com rede de esgoto.

Para analisar a situação real das ligações de esgoto a classificação tarifária dos ramais situados nas áreas onde não existia a possibilidade de coleta ou de integração ao sistema foi alterada da Tarifa 2 para 3. Assim, foram criadas feições delimitando as áreas sem conexão ao sistema integrado onde foi realizada a troca da tarifa.

Figura 4: Fluxograma Das Etapas Metodológicas

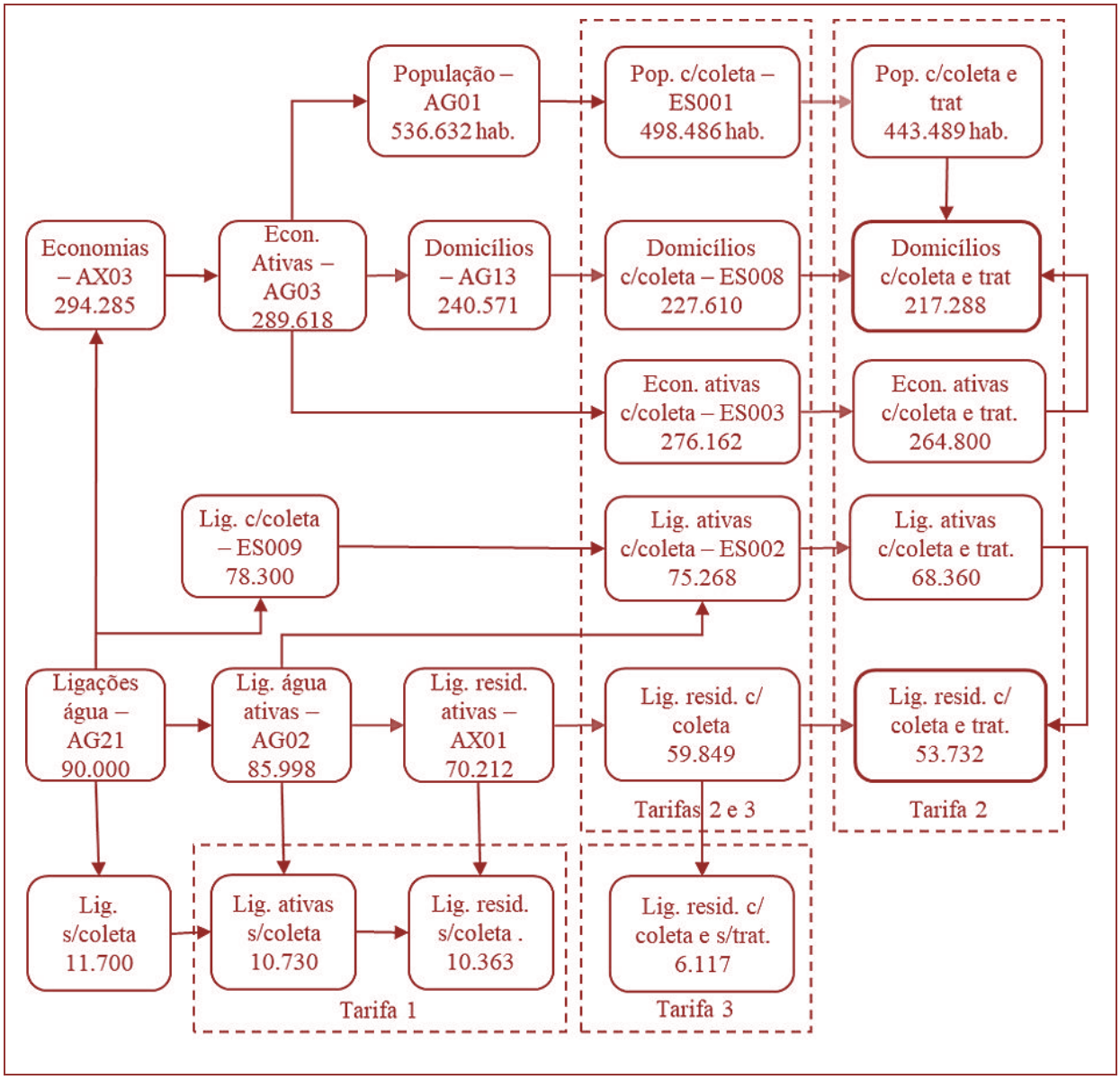


Para obter a população por MSS foram usados os dados da Malha Setorial Censitária do censo de 2010, (IBGE, 2010), calculada segundo metodologia proposta pelo SNIS, número de economias residenciais ativas multiplicadas pela densidade de habitantes por economia dos setores censitários do ano de 2018. Os dados estatísticos dos setores censitários contêm informações sobre a população de cada setor como o número de habitantes (V001), de economias residenciais ativas (V002) e a densidade de habitantes por unidade residencial (V003). A estimativa da população da cidade é baseada no Método de Tendência de Crescimento ou AiBi, "em que a população da área menor pode ser estimada por uma função linear da população da área maior" segundo (CORRÊA *et al*., 2011, p. 2).

Os ramais de água contêm os dados do número de economias e do tipo de economia do lote. Os dados de código dos setores censitários foram vinculados aos arquivos georreferenciados dos ramais de água através da ferramenta de geoprocessamento "Intersecção" do QGIS. O valor V003 foi vinculado ao ramal na forma de tabela *.csv* pela ferramenta "JOIN" utilizando o código do setor censitário como chave. Após, foi realizado o recorte dos ramais pelos MSS.

As informações obtidas através dos ramais foram estruturadas conforme o fluxograma mostrado na Figura 5. O esquema ilustra como estão distribuídas as 90.000 ligações de ramais cadastradas no sistema GEODMAE, em que foram vinculados os dados da população, economias, ligações e por fim, estes dados foram agrupados pelo tipo de tarifa. O fluxograma da distribuição das ligações de água tem ênfase no consumidor residencial.

Figura 5: distribuição dos ramais de água por categoria e tipo de consumidor no ses ponta da cadeia em 2018



A etapa 2, a seleção dos indicadores para a composição do índice de desempenho baseou-se na planilha resumo dos Indicadores Agregados do Sistema Nacional de Informações do Saneamento (SNIS, 2018), nos indicadores usados por Lopes (2016) e do *Water Services Regulation Authority* (OFWAT) órgão responsável pela regulação econômica do setor de água e esgotos privatizados na Inglaterra e país de Gales.

Na etapa 3, para a determinação do índice de desempenho, foram usados como referência a metodologia adotada para a classificação das cem maiores cidades do ranking do saneamento 2018 (ITB, 2020) e a desenvolvida por Lopes *et al.* (2016).

Para obter o índice de cobertura das redes coletoras foram desconsiderados os trechos com diâmetro maiores que 300 mm, pois eles não permitem a ligação dos ramais na rede. O critério adotado pela concessionária e SNIS é excluir apenas os emissários. Esta modificação foi adotada para evitar que na análise pelas sub-bacias ou setores aparecessem valores significativos de rede sem a função de coleta. Assim, os valores de cobertura das redes diferem daqueles adotados no Plano Diretor de Esgotos (PDE, 2013).

A concessionária estima o déficit de rede separadora aplicando um fator de multiplicação de 1,2 sobre a extensão das vias para suprir a necessidade de coletores de fundo ou redes nos dois lados das ruas, segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) (PORTO ALEGRE, 2015b, p. 72).

Para analisar os eventos em que ocorreram extravasamentos de esgoto foram utilizados os dados dos serviços operacionais realizados pelas Distritais de Esgoto, que se originam das reclamações do serviço de atendimento pelo telefone 156, armazenados em planilhas *Excel* por ano e por distrital. Os serviços prestados nas redes de esgotamento sanitário abrangem a desobstrução de redes, PV e ramais com varetas ou hidro jato, que podem necessitar de conserto ou reconstrução das redes, caixas e PV. Também envolvem serviços de limpeza, nivelamento, remoção de entulho, reposição de CACs e tampões, sondagens e vistorias. Nesta pesquisa foram considerados apenas os serviços de desobstruções e as ocorrências de extravasamentos, por impactarem diretamente a qualidade das águas superficiais.

A área do SES Ponta da Cadeia é atendida por três distritais que realizam os serviços de manutenção e operação: Centro, Leste e Sul. Os eventos foram filtrados utilizando a palavra “desobstrução” na coluna do tipo de serviço. Também foi feita uma separação entre os eventos de desobstrução que apresentaram extravasamentos visíveis para a via pública, passeio e propriedades. Assim, as situações foram separadas pela localização dos extravasamentos e pelo tipo, tendo em vista que extravasamento para dentro da propriedade é considerado o de maior gravidade.

A partir das tabelas *Excel* contendo as solicitações, endereços, tipo de serviço foram feitas as adequações, cortes e agrupamentos. Para especializar os dados dos serviços foi utilizada a programação SQL do QGIS para a união dos vetores dos eixos viários com o arquivo “.csv” gerado com os dados filtrados, unidos pelo campo “código dos logradouros”. No arquivo dos eixos viários os logradouros estão divididos em segmentos na coluna “CODSEG”, os eventos foram unidos a estes segmentos pela numeração das economias. Com os eventos conectados aos segmentos de eixo viário foi possível agrupar os eventos pelos MSS.

3.1. SELEÇÃO DOS INDICADORES PARA A COMPOSIÇÃO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO DO SES

O SNIS e o ITB utilizam a cidade como unidade de análise, que é a escala indicada para a avaliação e planejamento no âmbito nacional. Os grupos, indicadores e pesos utilizados pelo ITB para a classificação das 100 maiores cidades do país no Ranking do Saneamento são mostrados no Quadro 1.

Quando o foco passa a ser a análise da eficiência e eficácia dos sistemas de esgotamento é necessário considerar os aspectos relevantes para a realidade local como a acessibilidade e a estrutura dos dados cadastrais do banco de dados da prefeitura e as características do sistema de coleta da região.

A OFWAT publica anualmente, no *Annual Information Perfomance*, os níveis de serviços das prestadoras, que são classificados em bom, aceitável e ruim. A classificação condiciona os limites das revisões dos preços que podem ser aplicados na cobrança das tarifas. Segundo Ashley e Hopkinson (2002, p. 124), os indicadores da OFWAT são classificados em quatro categorias, abastecimento de água (2,5), serviços de esgoto e alagamentos por esgotos (1,5), serviços para clientes (1,5) e impactos ambientais (2,5). Existem oito níveis de indicadores de serviço: DG2 a DG9, o único diretamente relacionado ao esgoto é o DG5, que abrange os eventos de alagamentos de propriedades provocados por extravasamentos de esgotos (uma ou duas vezes em 10 anos) ou extravasamentos em geral.

Na Inglaterra a ocorrência de um evento de extravasamento por km de rede é considerada grave em termos de qualidade de atendimento e de eficiência. Considerando a diferença abissal de contexto, não faria sentido comparar àqueles aos números do SES. Todavia, o método serve como um referencial para estruturar a informação local e desenvolver indicadores relacionados a estes eventos.

Quadro 1: indicadores utilizados para a composição do ranking do saneamento das cem maiores cidades do Brasil

Grupo	Indicador		Ponderação (%)	
Nível de cobertura	Água		10	60
		Total	5	
		Urbano	5	
	Coleta		25	
		Total	12,5	
		Urbano	12,5	
Melhora da cobertura	Investimentos/Arrecadação (média 5 anos)		10	25
	Novas Ligações de Água/Ligações Faltantes		5	
	Novas Ligações de Esgoto/Ligações Faltantes		10	
Nível de eficiência	Perdas		10	15
		Distribuição	5	
		Faturamento	5	
	Evolução Perdas		5	
		Distribuição	2,5	
		Faturamento	2,5	
Total			**100**	**100**

Fonte: ITB (2017, p14).

Os novos indicadores decorrentes da pesquisa foram baseados nos dados das feições dos ramais e estão listados a seguir:

- AX01 - Ligações residenciais ativas de água: para obter o consumo residencial este dado é necessário para obter as ligações residenciais ativas não medidas;
- AX02 - Ligações residenciais ativas de água micro medidas: das ligações residenciais ativas micro medidas obtém-se o consumo micro medido por economia que será usado para estimar o consumo das economias não medidas;
- AX03 - Economias Totais de água: quantidade de economias atendidas com ramal de água;
- EX01 - Extensão da rede coletora de esgotos: rede com diâmetro maior que 300 mm;
- EX02 - Extensão da rede coletora de esgotos interligada: como o objetivo do sistema é conduzir os esgotos para a ETE Serraria, é importante separar a rede que está interligada da não interligada;
- EX03 - Poços de Visita com descarga em Pluvial: estes são pontos de extravasamentos da rede de esgotos para a rede de drenagem, que devem ser monitorados para o controle ambiental;
- EX04 - Quantidade de ligações totais de esgotos vistoriadas: as ligações que foram testadas quanto à sua ligação a algum sistema de coleta ou tratamento;
- EX05 - Quantidade de ligações totais de esgotos efetivas: as ligações que, após testadas, comprovaram estarem ligadas ou tiveram sua ligação efetivada à rede coletora;
- EX06 - Extravasamento de esgotos em lotes privados: número de ocorrências de reclamações de extravasamento de esgotos no lote privado, inclusive dentro do prédio;
- EX07 - Reclamações: número de protocolos de reclamações dos usuários;
- EX08 - Desobstruções: número de serviços de desobstruções por ano;

- IX01 - Índice de integração da rede coletora: percentual da rede interligada EX02 pela rede coletora total EX01;
- IX02 - Ligações de esgoto vistoriadas: percentual das ligações vistoriadas EX04 pelo total de ligações, AG21;
- IX03 - Ligações de esgoto efetivas: percentual das ligações vistoriadas efetivas EX05 pelo total de ligações, AG21;
- IX04 - Reclamação por ligação: percentual das reclamações anuais pelo total de ligações ativas de esgoto, ES002;
- IX05 - Extravasamentos em propriedades privadas por comprimento de rede;
- IX06 - Índice de Desobstruções: desobstruções por comprimento de rede, ES004;
- IX09 - PV com descarga em pluvial: número de PVs por quilômetro.

Dentre os quatro grupos de indicadores de esgotamento sanitário do SINISA (SNIS, 2020) foram considerados os de cobertura e atendimento, operacional e de qualidade dos serviços.

Os dez indicadores selecionados para comporem o índice de desempenho foram classificados em três grupos: três indicadores de atendimento - IA, cinco indicadores de desempenho do sistema - ID e dois indicadores de eficiência do sistema - IE, Quadro 2. Os indicadores relativos ao nível de cobertura e atendimento são os IA1 a IA3, ao desempenho o ID1 ao ID5 e ao nível de eficiência os IE1 a IE2.

O indicador IA1 (IN056), que corresponde ao indicador IN056 do SNIS, mostra o percentual da população atendida com coleta de esgotos sanitários sobre a população total.

O indicador de coleta de esgoto IA2 (IN015) mostra os índices de coleta de esgoto com relação ao percentual do volume coletado pelo volume consumido.

O indicador de tratamento IA3 (IN016) mostra a relação percentual entre o volume de esgotos tratados pelo volume dos esgotos coletado. Um SES com muitos trechos de rede com descargas no sistema de drenagem pluvial terá valores baixos deste indicador.

O indicador de vistoria das ligações IE1 (IX02) refere-se ao grau de conhecimento que a concessionária tem sobre a situação das ligações dos esgotos do lote na rede separadora.

O indicador de efetividade das ligações IE2 (IX03) refere-se à efetividade das ligações dos esgotos do lote na rede separadora após a vistoria e a aplicação das medidas corretivas. Mostra as ligações que estão, de fato, conectadas à rede.

O índice de Extravasamentos ID1 (IN82) apresenta valores bastante elevados no SPC, 8,45 extravasamentos por km.

O indicador de extravasamento em lotes ID2 (IX05) é uma variante agravada dos extravasamentos, está fortemente relacionada à salubridade ambiental, pois gera transtornos aos usuários, danos materiais e risco de contaminação biológica.

O indicador de desobstruções ID3 (IX06) mede a quantidade de serviços de desobstrução das redes por km de rede.

O indicador Poços de visita com descarga em pluvial – ID4 (IX09) indica o número de poços de visita (PV) com lançamento de esgoto no sistema pluvial por extensão da rede de esgotos.

O indicador de satisfação do cliente ID5 (IX04) indica o percentual de reclamações por ligação ativa de esgoto.

Quadro 2: indicadores selecionados para comporem o índice de desempenho do ses ponta da cadeia

Grupo	Indicadores	Equação	Unidade
Nível de atendimento	IA1 População residente conectada à rede coletora.	(Pop. Atendida com serviço de esgotamento / Pop. Total) x 100	%
Nível de atendimento	IA2 - Índice de coleta de esgoto	(Pop. Atendida com rede coletora / Pop. Total) x 100	%
Nível de atendimento	IA3- Tratamento de esgoto	(Volume de esgoto tratado / Vol. Esg. Gerado) x 100	%
Nível de eficiência	IE1 - Ligações de esgoto vistoriadas	(Lig. Ativas vistoriadas / Lig. Ativas totais) x 100	%
Nível de eficiência	IE2- Ligações de esgoto efetivas	(Lig. Ativas conectadas / Lig. Ativas totais) x 100	%
Nível de desempenho	ID1 - Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	Extravasamentos / Extensão de rede	extravas/km
Nível de desempenho	ID2 - Extravasamentos de esgotos em propriedades privadas	Extravasamentos em lotes / Extensão de rede	extravas/km
Nível de desempenho	ID3 - Desobstruções	Desobstruções / Extensão de rede	desob/km
Nível de desempenho	ID4 - Poços de Visita com descarga em Pluvial	PV com descarga em pluvial / Extensão de rede	PVs
Nível de desempenho	ID5 - Reclamação por ligação	Reclamações / Lig. ativas	Reclamações/lig.

3.2. DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO DO SES

A partir dos indicadores obtidos para os setores sanitários foi calculado o índice de desempenho através da composição dos dez indicadores. Os indicadores foram normalizados, ponderados, agregados e após, classificados ordinalmente e nominalmente.

A metodologia utilizada foi a de redimensionamento contínuo, na escala de 0 a 1, conforme a Equação 1 (JUWANA et al, 2012 *apud* LOPES, 2016).

$$S_i = (X_i - X_{inf}) / (X_{sup} - X_{inf}) \qquad (1)$$

Sendo: S_i – Valor normalizado; X_i – Valor a ser normalizado; X_{inf} - Limite inferior e X_{sup} – Limite superior.

Os limites superiores e inferiores foram definidos por valores de órgãos de referência, metas propostas e para os indicadores onde não havia possibilidade de usar referência externa foram utilizados os valores máximos e mínimos obtidos do cálculo das unidades de análise, segundo o critério adotado pela OFWAT.

A ponderação foi feita para atribuir pesos aos indicadores selecionados. A avaliação dos indicadores considerou fatores como a sua importância e praticidade no contexto local, baseado no conhecimento do autor. Atribuiu-se peso em percentual variando de 5 a 15 para os dez indicadores, Tabela 1.

Tabela 1: valores adotados para a normalização e ponderação dos dados dos indicadores

Indicadores	Origem	Limite inferior	Limite superior	Peso
IA1 - População residente conectada à rede coletora.	IN056	0	100	8
IA2 - Índice de coleta de esgoto	IN015	0	100	10
IA3- Tratamento de esgoto	IN016	0	100	10
IE1 - Ligações de esgoto vistoriadas	IX02*	0	100	10
IE2- Ligações de esgoto efetivas	IX03*	0	100	10
ID1 - Extravasamentos de esgotos por extensão de rede	IN082	13,48	3,52	5
ID2 - Extravasamentos de esgotos em propriedades privadas	IX05*	4,90	0,83	12
ID3 - Desobstruções	IX06*	13,81	3,10	15
ID4 - Poços de Visita com descarga em Pluvial	IX09*	0,35	0,02	12
ID5 - Reclamação por ligação	IX04*	0,23	0,09	8

Obs.: *dado local.

O maior peso foi atribuído ao índice pelos serviços de desobstruções, ID3 15% por ser o que gera a maioria dos protocolos de serviços, seguido pelos extravasamentos em propriedades privadas ID2 12%, pela gravidade da situação e dos PVs com descargas no sistema de drenagem, ID4 e12%, pela importância ambiental. Neste caso não foi encontrado um indicador similar que pudesse servir como referência, mas é um indicador importante para avaliar o nível de integração das redes e os locais com lançamento de carga orgânica no ambiente.

Os menores pesos foram atribuídos ao Indicador de extravasamentos de esgotos por extensão de rede, 5% e, pelo atendimento de reclamações, 8%, por considerar que estão vinculados aos eventos de extravasamentos e desobstruções, e aos índices de população atendida com coleta de esgotos, 8%, devido ao nível de atendimento ser alto e cobrir a maior parte do SES. A agregação dos indicadores dever gerar um índice de desempenho que varie de 0 a 100. Esta variação se dá sem necessidade de ajuste, já que os pesos somam 100%.

A agregação dos dados seguiu o método aritmético (Equação 2):

$$ID = \Sigma i = (0, N)\ w_i \,.\, S_i \qquad (2)$$

Sendo: ID – Índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário do SES Ponta da Cadeia (ID SES).

A Equação 3 foi usada para a determinação do ID SPC:

$$ID\ SES = (w_{IA1} + w_{IA2} + w_{IA3} + w_{IE1} + w_{IE2} + w_{ID1} + w_{ID2} + w_{ID3} + w_{ID4} + w_{ID5}) / 10 \qquad (3)$$

Assim, estabeleceram-se cinco classificações nominais distintas, “ótimo”, “bom”, “regular”, “ruim” e “péssimo”, mostradas no Quadro 3.

Quadro 3: Valores para a classificação do Índice de Desempenho

Valores atribuídos ao ID_SPC	Classificação
81 -100	Ótimo
61- 80	Bom
41 - 60	Regular
21- 40	Ruim
0 - 20	Péssimo

3.3. A DISTRIBUIÇÃO DAS DEMANDAS DE SERVIÇOS

Foram analisados os dados do ano de 2016 do banco de dados das planilhas *Excel* do serviço de atendimento ao usuário. Das 11.594 reclamações protocoladas pelo sistema 156 em 2016, 52,62% das reclamações foram de extravasamentos de redes e 18,60% de extravasamentos em lotes que geraram 47,67% dos serviços de desobstrução nas redes.

4. RESULTADOS OBTIDOS

A população total do SES em 2018 era de 536.632 habitantes. O setor com maior população do SES é o MSS 6, seguido pelo MSS 5. A Tabela 2 mostra os resultados da população por MSS para o ano de 2018 e o tipo atendimento pelo serviço de saneamento desta população.

Tabela 2: população dos meso setores sanitários no ses em 2018

MSS	População em 2018 (hab.)				População em 2018 (%)		
	Sem coleta	Com coleta IN024	Com tratam. IN016	Total	Sem coleta	Com coleta	Com tratam.
1	12.409	30.343	10.714	42.752	29,03	70,97	25,06
2	5.285	48.105	39.280	53.390	9,9	90,1	73,57
3	2.433	26.853	24.511	29.286	8,31	91,69	83,7
4	8.569	50.629	43.722	59.198	14,48	85,52	73,86
5	17	95.719	94.472	95.736	0,02	99,98	98,68
6	9.425	113.318	98.087	122.743	7,68	92,32	79,91
7	6	92.133	91.372	92.139	0,01	99,99	99,17
8	2	41.386	41.331	41.388	0	100	99,86
Total	**38.146**	**498.486**	**443.489**	**536.632**	**7,11**	**92,89**	**82,64**

O MSS 1 tem maior percentual da população do SES sem o serviço de coleta, 29,03%, seguido pelo MSS 4 com 14,48%, Tabela 2. Apenas 7,11% da população do SES não possui coleta dos esgotos. Os MSS 2, 3 e 6 tem mais de 90% da população atendida com a coleta dos esgotos. A população com coleta e tratamento deriva da população com coleta. Nos MSS 5, 7 e 8 toda a população é atendida com serviço de coleta e tratamento dos esgotos, eles estão na área central da cidade com ocupação consolidada e maior densificação.

Apesar do MSS 6 ter a maior população absoluta e a maior extensão de rede coletora, Tabela 2, o MSS 7 é o setor que gera o maior volume de esgotos coletados e tratados, seguido pelo MSS 6.

Tabela 3: indicadores de esgotamento sanitário nos meso setores sanitários

Indicador	Unidade	P. Alegre	SPC	Meso Setores Sanitários							
				1	2	3	4	5	6	7	8
IN056 (IA1)	%	90,47	92,89	70,97	90,10	91,69	85,52	99,98	92,32	99,99	100
IN015 (IA2)	%	62,06	74,72	48,07	73,67	73,24	70,44	79,97	74,11	79,94	79,99
IN016 (IA3)	%	79,12	91,20	32,93	83,32	92,03	90,67	98,57	86,90	98,78	99,84
IN082 (ID1)	extrav/km	6,04	8,45	9,59	13,48	12,57	11,22	4,51	7,82	5,66	3,52
IX05 (ID2)	extrav/km	ND*	2,89	4,14	3,90	4,90	3,58	1,57	2,73	1,81	0,83
IX06 (ID3)	desob./km	ND	7,57	8,51	13,81	11,77	10,51	3,68	6,37	4,08	3,10
IX09 (ID4)	PV/km	ND	0,18	0,25	0,31	0,35	0,18	0,02	0,19	0,06	0,15
IX04 (ID5)	reclam/lig	ND	0,17	0,18	0,23	0,22	0,21	0,14	0,15	0,13	0,09
IX02 (IE1)	%	ND	37,82	27,67	22,65	26,12	25,69	80,90	41,31	72,02	10,31
IX03 (IE2)	%	ND	32,18	18,91	14,92	20,76	19,83	75,11	35,72	70,59	9,35

*ND: não disponível.

A Tabela 3 mostra os valores dos indicadores que compõem o índice de desempenho onde foram inseridos os valores da cidade de Porto Alegre, do SES e dos MSS.

A extensão da rede total é de 774,1 km de rede, a rede coletora tem 720,61 km e a rede coletora integrada tem 646,07 km. As redes com diâmetros maiores que 300mm somam 53,49 km.

O indicador de atendimento IA1 corresponde ao indicador IN056 do SNIS, ele mostra o percentual da população atendida com coleta de esgotos sanitários sobre a população total. O índice de atendimento do SES é alto, 92,89% da população atendida com coleta, 498.486 do total de 536.632 habitantes, acima da média da cidade que é de 90,47%, Tabela 3. A melhor classificação está nos setores 7 e 8, na área central a Oeste, decrescendo em direção a cidade de Viamão, na zona Leste da cidade.

O indicador- IA2 de coleta de esgoto (IN015) mostra os índices de coleta de esgoto com relação ao percentual do volume coletado pelo volume consumido. Este índice tem uma variação maior entre os MSS que o IA1, a média dos esgotos coletados sobre os produzidos é de 74,72% no SES. Os maiores valores ocorrem nos setores 5 e 8, mais urbanizados e o valor mais baixo no setor 1.

O indicador de tratamento - IA3 (IN016) mostra a relação percentual entre o volume de esgotos tratados pelo volume dos esgotos coletado, que está relacionado ao grau de conectividade das redes ao sistema integrado. A média do volume de esgotos tratados sobre os coletados é alta, 91,20%, sendo que os setores 7 e 8 apresentam os melhores resultados por serem os mais urbanizados e conectados. O setor 1 tem o menor percentual de esgoto tratado sobre o coletado.

O indicador de vistoria das ligações - IE1 (IX02) refere-se ao grau de conhecimento que a concessionária tem sobre a situação das ligações dos esgotos do lote na rede separadora. No caso estudado, o percentual de ligações vistoriadas sobre o total de ligações no SPC é de 37,82%. Os MSS com maior número de ligações sem vistoria são o 8, o 2 e o 4. Este indicador não tem uma distribuição uniforme, em geral seu valor é baixo com exceção dos MSS 5 e 7, que tiveram campanhas intensivas de vistorias pelo Programa Esgoto Certo.

O indicador de efetividade das ligações - IE2 (IX03) refere-se ao grau de conhecimento que a concessionária tem sobre a efetividade das ligações dos esgotos do lote na rede separadora, mostra se as

ligações estão, de fato, conectadas à rede. Em média 83,53% dos lotes residenciais ativos vistoriados estavam ligados ao sistema, mas em relação ao total de ligações este valor representa apenas 32,18% das ligações. Nas áreas onde a efetividade é muito baixa a rede não está desempenhando a sua função de coleta, favorecendo o lançamento da carga orgânica nos cursos d'água.

O índice de Extravasamentos - ID1 (IN82) apresenta valores bastante elevados no SES, 8,45 extrav./km, o valor médio da cidade é de 6,04 extrav./km. Os setores 1, 2, 3 e 4 possuem valores de extravasamentos acima da média do SES Ponta da Cadeia.

O indicador de extravasamento em lotes ID2 (IX05) é uma variante agravada dos extravasamentos fortemente relacionada à salubridade ambiental, pois gera transtornos aos usuários, danos materiais e risco de contaminação biológica. Os maiores valores ocorrem nos setores 1, 2 e 3.

O indicador de desobstruções - ID3 (IX06), mede a quantidade de serviços de desobstrução das redes por km de rede. As obstruções das redes são causadas por deposição de sedimentos, incrustações de gordura, lançamento de material de construção ou lixo nas redes. A incidência destes serviços é muito alta no SES, principalmente nas áreas periféricas, mal servidas por coleta de lixo, pavimentação, drenagem e baixo nível de educação ambiental. A média do SPC é de 7,57 desobstruções por km, mas chega a valores de 13,81 desobstruções por km no MSS 2, que juntamente com os MSS 1, 3 e 4 tem as áreas com maior declividade do SES.

O indicador poços de visita com descarga em pluvial - ID4 (IX09) indica o número de PVs com lançamentos de esgoto no sistema pluvial por extensão da rede de esgotos, a média do SES é de 0,18 PV/km. Os indicadores relacionados aso extravasamentos, descargas e desobstruções refletem como as ineficiências do sistema impactam diretamente o ambiente urbano e, também, como as ineficiências do processo de urbanização impactam o sistema de coleta. As áreas com maiores valores do indicador IX09 estão nos MSS 3, 2 e 1, Tabela 3.

O ID5 (IX04) indica o percentual de reclamações por ligação ativa de esgoto. A média do SES é de 0,17 reclamações por ligação ou 30 reclamações por 1000 habitantes. Em 2016 houveram 12.880 reclamações no SES.

4.1. ÍNDICE DE DESEMPENHO DO MSS

A Tabela 4 mostra os valores dos indicadores após a normalização e atribuição dos pesos e o valor do índice de desempenho de cada MSS, assim como a classificação final que foi usada para elaborar o mapa da Figura 6. Na Figura 6 é possível visualizar como os MSS situados na área central tem melhor classificação no índice de desempenho.

Tabela 4: classificação e índice de desempenho com os indicadores normalizados e ponderados.

Índice	Meso Setores Sanitários								SPC
	1	2	3	4	5	6	7	8	
IA1	5,68	7,21	7,34	6,84	8,00	7,39	8,00	8,00	7,43
IA2	4,81	7,37	7,32	7,04	8,00	7,41	7,99	8,00	7,47
IA3	3,29	8,33	9,20	9,07	9,86	8,69	9,88	9,98	9,12
ID1	1,95	0,00	0,46	1,13	4,50	2,84	3,93	5,00	2,52
ID2	2,23	2,93	0,00	3,88	9,81	6,38	9,11	12,00	5,92
ID3	7,43	0,00	2,86	4,62	14,19	10,42	13,64	15,00	8,74
ID4	3,60	1,28	0,00	6,03	12,00	5,96	10,40	7,32	6,15
ID5	2,72	0,00	0,52	1,15	5,27	4,52	6,18	8,00	3,56
IE1	2,77	2,26	2,61	2,57	8,09	4,13	7,20	1,03	3,78
IE2	1,89	1,49	2,08	1,98	7,51	3,57	7,06	0,94	3,22
ID	36,37	30,87	32,39	44,32	87,22	61,31	83,39	75,27	57,92
Classificação	**Ruim**	**Ruim**	**Ruim**	**Regular**	**Ótimo**	**Bom**	**Ótimo**	**Bom**	**Regular**

O MSS 1 está classificado como “ruim” em desempenho, sendo o terceiro pior na pontuação geral com 36,37 pontos, Tabela 4. Tem as piores pontuações nos índices de atendimento IA1, IA2 e IA3, ou seja, é o setor com maior carência no atendimento com rede coletora e tratamento. A população é praticamente a mesma do MS 8, que tem os melhores índices de atendimento, a diferença é que estão localizados nos extremos opostos do SES.

O MSS 2 também está classificado como “ruim”, sendo o pior na pontuação geral com 30,87 pontos. Tem as piores pontuações nos índices de desempenho ID1, ID3 e ID5. Isto quer dizer que é um setor que tem os muitos problemas operacionais relacionados à ocorrência de extravasamentos, com alta demanda de serviços de desobstruções, estas atingiram o valor de 13,48 atendimentos por km de rede em 2016, tabela 3. Também tem o maior indicador de reclamações: 0,23 reclamações por ligação.

Da mesma forma, o MSS 3 está classificado como “ruim” em desempenho, sendo o segundo pior na classificação geral. Tem as piores pontuações no ID2 e ID4, ou seja, tem as maiores ocorrências de extravasamentos em lotes do SES, 4,90 extravasamentos por km de rede e o maior número de PV com descarga na rede pluvial.

O MSS 4 está classificado como “regular” em desempenho, ocupando o quinto lugar na classificação geral. Tem as pontuações boas nos índices de atendimento, mas ruins nos índices de desempenho e de efetividade das ligações.

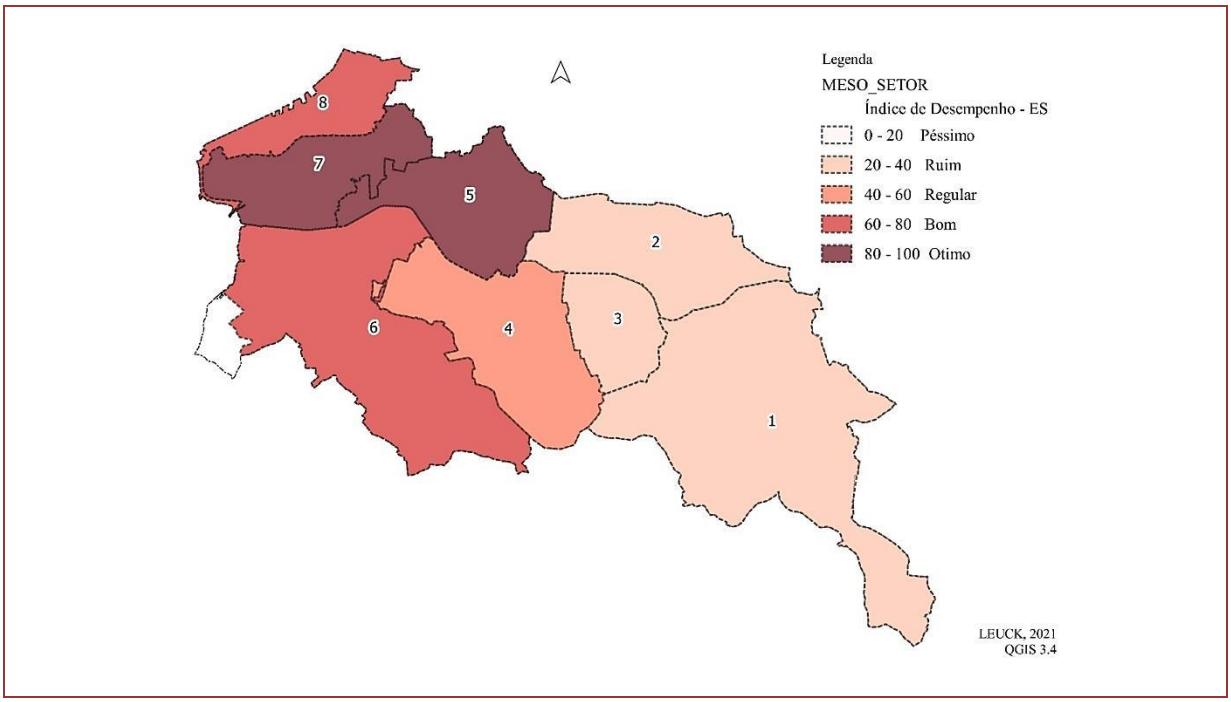
O MSS 5 está classificado como “ótimo” em desempenho, sendo o melhor na classificação geral com 87,22 pontos. Tem as melhores pontuações no IA1, IA2, ID4, IE1 e IE2. Assim, é o MSS com a maior parcela da população atendida com coleta de esgotos, o que tem a menor taxa de PV com descarga em pluvial (ID4) e a maior taxa de ligações vistoriadas (IX02), com 80,90% das ligações, Tabela 3. Das ligações totais de água, 75,11% estavam efetivamente conectadas à rede coletora.

O MSS 6 está classificado como “bom” em desempenho, sendo o quarto lugar na classificação geral com 61,31 pontos. Em relação ao MS4 ele tem boa pontuação no atendimento, mas é razoável nos indicadores de desempenho e efetividade.

O MSS 7 está classificado como “ótimo”, é o segundo colocado na classificação geral. Ele está bem equilibrado com relação ao atendimento, desempenho e efetividade. Tem as melhores pontuações no IE2, ou seja, é o MSS que teve 72,02% das ligações vistoriadas e 70,09% das ligações estavam ou foram conectadas à rede coletora.

O MSS 8 está classificado como “bom”, sendo o terceiro melhor na pontuação geral. Talvez por estar em uma área bem adensada e com muito tráfego, ele teve as melhores pontuações nos índices de atendimento e desempenho, mas teve as piores pontuações quando se trata da verificação da situação das ligações, pois apenas 10,31% delas foram vistoriadas. Felizmente, 9,35% das ligações estavam ou foram conectadas à rede coletora.

Figura 6: Mapa da Classificação do Índice de Desempenho dos Meso Setores Sanitários no SES Em 2018



5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em 2018, os 646 km de rede que conduzem ao tratamento na ETE Serraria atendiam a 85,24% das ligações e a 86,47% das economias residenciais ativas. Ao considerar este aspecto de forma isolada, as condições de atendimento do saneamento pareciam boas, mas as condições do esgoto afluente à ETE e das águas superficiais da área do SES não demonstravam a mesma condição. Assim, para otimizar e direcionar as ações de melhoria do SES para as áreas com pior desempenho, a desagregação em unidades com potencial de gerenciamento como os MSS e a adoção de indicadores locais traz maior agilidade e menor gasto de tempo e recursos na implantação destas ações.

A classificação do Índice de Desempenho dos oito MSS é mostrada na Figura 6. Os MSS 5 e 7 foram classificados como “Ótimo”, os MSS 2, 4, 6 e 8 como “Bom”, o 1 e o 3 como “Regular” e nenhum como “Péssimo” para os dados referentes ao ano de 2018. O MSS 5, com pontuação 85,41 e o MSS 7, com pontuação 83,0,9 tiveram o melhor desempenho geral, Tabela 4. Eles estão nas áreas urbanizadas a Noroeste do SES, com boa infraestrutura viária e de serviços de saneamento. Os piores MSS são 1, 2, 3 e 4, que foram classificados como “Regular” e se concentram nas áreas suburbanas ao leste, na direção à cidade de Viamão, onde o nível socioeconômico da população é baixo e existem o maior número de nascentes do Arroio Dilúvio.

Os extravasamentos são um bom indicador da funcionalidade do sistema, pois uma rede bem dimensionada e bem executada dever apresentar poucos pontos de extravasamentos. Na maioria das grandes cidades brasileiras o processo do saneamento veio a reboque da expansão urbana, tendo como foco o afastamento dos esgotos e a expansão da cobertura em detrimento da eficiência. Neste contexto, a ocorrência de eventos de extravasamentos e a demanda por serviços de desobstrução são altas, principalmente nas áreas periféricas, conforme demonstraram os resultados da pesquisa.

As redes executadas em áreas sem pavimentação e drenagem ou com relevo acidentado são as áreas com maior incidência da ocorrência de eventos de extravasamentos. Isto ocorre pelo assoreamento das redes, comum nas áreas mais baixas da bacia. Ele pode ser causado pelo armazenamento de materiais de construção como areia e brita nos passeios e logradouros, que durante as chuvas intensas são levados para a rede separadora. A população contribui para o assoreamento das redes ao abrir as tampas dos PVs para drenar as águas da chuva pela rede separadora. Esta prática ocorre em áreas onde não há rede de drenagem.

Uma questão importante diz respeito à efetividade das ligações prediais, que estão diretamente relacionadas ao desempenho do sistema de coleta e tratamento e aos parâmetros de qualidade dos

recursos hídricos. O baixo número de ligações de esgoto vistoriadas, 32,18%, revela um passivo de informação que precisa ser recuperado para que se qualifique o processo de gestão e melhoria do desempenho do sistema. Esta incerteza quanto à efetividade das ligações também dificulta a análise da origem e da intensidade das fontes de poluição por esgoto sanitário no sistema.

A *European Federation of National Associations of Water Service (EurEau*) apela para uma série de ações de política e legislação, inovação e planejamento urbano locais e específicos para garantir que os extravasamentos dos SES sejam geridos de forma sustentável. Eles se opõem a que os valores de desempenho pelos extravasamentos sejam definidos pela União Europeia (EU), seu posicionamento foi manifestado através de uma publicação em seu site (EUREAU, 2020) sustentando que, devido à complexidade da gestão da poluição urbana, cada Estado-Membro deve decidir sobre sua abordagem para gerenciar sistemas de coleta, com base nas condições locais e prioridades. Esta manifestação vai de encontro a ideia do uso dos indicadores locais para soluções locais.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A classificação geral do SES Ponta da Cadeia foi considerada “regular”, contudo, esta classificação carece de valores comparativos para um nível de agregação maior. Considerando que o índice foi desenvolvido para comparação entre os MSS de um SES, não foram obtidos valores para comparação entre os diferentes SES do Sistema Serraria ou de todos os SES da cidade, o que seria uma proposta de trabalho futuro. Para a comparação entre SES algumas considerações e pesos atribuídos a cada índice precisam ser dimensionados considerando os valores máximos e mínimos dos demais SES.

A classificação do Índice de Desempenho dos oito MSS se mostrou adequada para ações de suporte à decisão, planejamento e gestão do SES. Ela permite um direcionamento de ações para os setores críticos, conforme a pontuação de cada indicador do MSS. Com isto pode-se economizar tempo e recursos, empregando a ação certa no local certo.

Os valores do índice de desempenho fornecem subsídios para a tomada de decisão no processo de gestão e planejamento, tendo em vista o atendimento das metas do PLANSAB e do enquadramento. Como exemplo, foram elencadas sete ações relacionadas ao desempenho do SES para a aplicação nos MSS. Elas foram: a extensão de redes coletoras para aumentar a cobertura; a integração das redes ao SES; a vistoria e substituição das redes; a manutenção preventiva; a coleta de resíduos sólidos; a pavimentação viária e a drenagem urbana; e, por último, a vistoria e regularização das ligações de esgoto sanitário.

Para o MSS 1 recomenda-se a adoção de quase todas as ações, com exceção das ações de vistoria e substituição de rede, considerando a criticidade da sua situação. Uma ação a ser reforçada seria a implantação de redes e de coletores tronco para melhorar a integração das redes ao SES.

Para o MSS 2 recomenda-se a adoção de quase todas as ações, com exceção das ações de extensão de rede, igualmente considerando a criticidade da sua situação. Uma ação a ser reforçada seria a adoção de um programa de manutenção preventiva para reduzir os eventos de extravasamentos neste MSS.

Para o MSS 3 recomenda-se a adoção de quase todas as ações, com exceção das ações de extensão de rede, igualmente considerando que a sua situação foi classificada como “ruim”. Entre as ações a serem reforçadas se recomendaria a intensificação da manutenção preventiva e dos serviços de coleta dos resíduos sólidos e ações de pavimentação viária e implantação de rede de drenagem.

Para o MSS 4 recomenda-se a adoção de quase todas as ações, com exceção das ações de melhoria da coleta de resíduos sólidos e de pavimentação viária e drenagem. Uma ação a ser reforçada seria a implantação de redes ou coletores tronco para melhorar a integração das redes ao SES.

Para o MSS 5 recomenda-se não adotar ações específicas, considerando que a sua classificação foi considerada “ótima”.

Para o MSS 6 recomenda-se adotar apenas duas ações: o aumento da cobertura da rede coletora e a melhoria da integração da rede ao SES.

Para o MSS 7 recomenda-se adotar apenas uma ação: a adoção da manutenção preventiva das redes para melhorar os indicadores de desempenho operacional.

Para o MSS 8 recomenda-se adotar apenas uma ação: a adoção da de vistorias e a regularização das ligações de esgoto, para melhorar os indicadores de eficiência.

Quanto aos indicadores de atendimento por esgotamento sanitário percebe-se a necessidade de elementos que conectem a realidade fática do SES integrado e com bons índices de cobertura de rede a um sistema de informação. Para isso, recomenda-se que o indicador de cobertura das redes coletoras seja desmembrado entre redes isoladas do sistema e redes conectadas ao sistema.

Em relação ao uso dos indicadores propostos na pesquisa, uma contribuição para melhorar a percepção do atendimento dos lotes pela cobertura da rede seria através do indicador de efetividade das ligações de esgoto. O fato dele revelar o déficit entre ligações consideradas como ligadas ao sistema para a cobrança de tarifa e as ligações vistoriadas e ligadas de fato contribui para obter a estimativa das cargas orgânicas que estão chegando na ETE e as que estão sendo lançadas nos corpos hídricos.

Em relação ao desempenho operacional verificou-se a quantidade elevada de eventos de desobstrução e extravasamentos, o que justifica a adoção de indicadores que expressem o grau de ocorrência dos extravasamentos, desobstruções e reclamações como meio de avaliar o desempenho dos setores e dos serviços prestados. A maioria dos extravasamentos parece ser decorrente de obstrução das redes, o que pode ser verificado indiretamente pelo uso de equipamentos para a desobstrução. Do que se conclui que a influência de fatores como mau uso do sistema pela população e de aporte de sedimentos por ocupação de áreas sensíveis sejam os maiores causadores de eventos de extravasamentos e responsáveis pela grande demanda por serviços.

Segundo o decreto 7.217 (BRASIL, 2010), os parâmetros de qualidade dos efluentes devem melhorar progressivamente até que se atinja a meta do enquadramento dos corpos hídricos, sendo que o titular deve propor, conforme o art. 25, V, mecanismos e procedimentos para avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas. A desagregação dos indicadores cabíveis segundo o nível de desenvolvimento, porte e localização regional dos municípios e ainda, segundo as características dos SES, pode contribuir sobremaneira para o alcance das metas de enquadramento.

O Índice de Desempenho do SES por MSS permite uma avaliação comparativa entre as unidades de análise em um nível de agregação que viabiliza o monitoramento das águas urbanas. Para aumentar o nível de desagregação a avaliação poderia ser feita pelas 49 sub-bacias, o que seria adequado para planejar ações pontuais em alguma sub-bacia, o que teria utilidade no nível operacional.

Concluindo, a avaliação do desempenho do SES pelos MSS utilizando indicadores adaptados para as condições e características locais demonstrou ser uma boa ferramenta para a gestão e avaliação do desempenho do sistema de esgotamento sanitário.

REFERÊNCIAS

[1] ASHLEY, R.; HOPKINSON, P. Sewer systems and performance indicators - into de 21st century. Urban Water, West Yorkshire, Inglaterra, 4, 2002. 123 - 135. Disponivel em: <www.elsevier.com\locate\urbwat>. Acesso em: 1 nov. 2017.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro. 1986.

[3] BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21de junho de 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências, Brasília, DF, 21 Junho 2010. Disponivel em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm>. Acesso em: 17 mar 2015.

[4] CORRÊA, C. S.; MYRRHA, L. J. D.; FIGOLI, M. Métodos AiBi e Logístico para projeção de pequenas área: uma aplicaçãop para a microregião de Angicos - RN. International Seminar on Population Estimates and Projections: Methodologies, Innovations and Estimation of Target Population applied to Public Policies, 2011. Disponivel em: <http://www.alapop.org/alap/Docs/ProjectionsSeminar/AbstractsOthers/TrabalhoCristianeCorrea&outros.pdf>.

[5] CURTARELLI, M. P. et al. Sustentabilidade Hídrica Urbana: o caso de Santa Catarina. Revista de Gestão de Água da América Latina, Porto Alegre, 15 e 14, 1-12 2018. Disponivel em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=2&ID=201&SUMARIO=5336>. Acesso em: 18 julho 2019.

[6] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico. IBGE, [N.I.]. Disponivel em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>. Acesso em: 14 maio 2019.

[7] ITB. Ranking do Saneamento 2017. Insituto Trata Brasil, 2017. Disponivel em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/2017/relatorio-completo.pdf>.

[8] ITB. Ranking do saneamento das cem maiores cidades do Brasil. Instituto Trata Brasil, 2020. Disponivel em: <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking_2020/Relatorio_Ranking_Trata_Brasil_2020_Julho_.pdf. >. Acesso em: 12 ago. 2020.

[9] LOPES, W. S. et al. Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário. Estudo de caso: cidade de Campina Grande, Paraíba. [on line] Revista Brasileira de Recursos Hídricos - RBRH, 21, n. 1, 01-03 2016. 1-10. Disponivel em: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p1-10>. Acesso em: 2 maio 2019.

[10] NIRAZAWA, A. N.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Indicadores de saneamento: uma análise de variáveis para elaboração de indicadores municipais. Revista de Administração Pública, São Paulo, 52, n. 4, 2018. 753-763. Disponivel em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-76122018000400753&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 18 ago. 2019. versão online.

[11] OFWAT. Key indicators – guidance. The economic regulator of the water sector in England and Walles. Water Services Regulation Authority. Disponivel em: <https://www.ofwat.gov.uk/wp-content/uploads/2015/12/prs_web_kpiprintable.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

[12] ONU. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Plataforma Agenda 2030, 2015. Disponivel em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030>. Acesso em: 16 mar. 2015.

[13] PORTO ALEGRE. Plano Diretor de Esgotos Sanitários de Porto Alegre. Porto Alegre: DMAE, v. 1, 2013.

[14] PORTO ALEGRE. Plano Muncipal de Saneamento Básico - Esgotamento Sanitário. 1. ed. Porto Alegre: DMAE, 2013.

[15] PORTO ALEGRE. Plano Municipal de Saneamento Básico - Prognóstico, objetivos e metas. Prefeitura de Porto Alegre, 2015b. Disponivel em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/02_pmsb_prognostico_objetivos_metas_web.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2016.

[16] PORTO ALEGRE. Plano Municipal de Saneamento Básico - Programas, participação social e indicadores. Prefeitura de Porto Alegre, 2015c. Disponivel em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/03_pmsb_programas_participa_social_indicadores_web.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2016.

[17] RIO GRANDE DO SUL. Resolução CRH n° 207, de 09 de novembro de 2016. Retifica e complementa o enquadramento e aprova as metas intermediárias para o enquadramento das águas superficiais da bacia hidrográfica do Lago Guaíba, 2016. Disponivel em: <https://sema.rs.gov.br/resolucoes-crh>. Acesso em: 01 nov. 2020.

[18] SCHNEIDER, V. E. et al. IV-323 –Diagnóstico sobre a universalização do acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no corede Serra. In: Congresso Abes, Fenasan 2017, 2017. Disponivel em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2018/09/IV-323.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2019.

[19] SNIS. Projeto Acertar - Certificação e Manual de Melhores Práticas da Gestão da Informação sobre Saneamento. Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020. Disponivel em: <http://www.snis.gov.br/projeto-acertar-snis>. Acesso em: 2 abr. 2021.

[20] SNIS. Sistema nacional de Informaçoes sobre Saneamento - concepção. Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020. Disponivel em: <http://www.snis.gov.br/concepcao>. Acesso em: 2 abr. 2021.

[21] SNIS. Sistema nacional de informações sobre saneamento - implementação. Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020. Disponivel em: <http://www.snis.gov.br/implementacao>. Acesso em: 2 abr. 2021.

Capítulo 9

Estudo cavitação hidrodinâmica aplicada à desinfecção da água

Cláudia Telles Benatti
Vitor Hugo Vieira Brandolim

Resumo: Este trabalho teve como objetivo estudar o fenômeno da cavitação hidrodinâmica, processo caracterizado pela formação, crescimento e colapso de cavidades, como uma forma de desinfecção da água. Tal proposta apresenta potencial para desinfecção como uma alternativa aos métodos tradicionais. Dessa forma, foi realizada uma revisão bibliográfica dos artigos vigentes que mostraram eficiência na utilização do fenômeno da cavitação aplicada ao tratamento de água, analisando os processos físico-químicos que a influenciam, como temperatura da água, pressão inicial, aditivos químicos, entre outros. Ademais, investigou-se os diferentes métodos e projetos que vem sendo utilizados e, a partir disso, utilizou-se o método de análise SWOT em combinação com a análise multicritério para a escolha da melhor alternativa, onde o dispositivo cilindro de cortes dentados se mostrou o mais eficaz para a realização de um projeto em escala de bancada.

Palavras-chave: Cavitação Hidrodinâmica, Tratamento de Água, Tomada de Decisão.

1. INTRODUÇÃO

Entende-se, de longa data, que o consumo de água de qualidade é primordial na vida do ser humano e que o seu consumo impróprio pode ser a causa de muitas enfermidades. Em julho de 2010, a Organização das Nações Unidas reconheceu o acesso a água potável como um direito humano, todavia, este está longe de alcançar toda a população mundial. Estima-se que, atualmente 2,1 bilhões de pessoas vivem sem água própria para consumo, representando cerca de 25% da população mundial, segundo pesquisa realizada pela ONU. Dentro desse quesito, a investigação de processos alternativos para a obtenção de água potável é de grande importância e vigente, contribuindo para a definição de alternativas para universalização do serviço de abastecimento de água.

O tratamento de água é um processo de transformação que a água passa até alcançar parâmetros adequados de qualidade conforme o uso pretendido, sua condição para uso, o qual pode se tornar de difícil execução devido a localização, orçamento de projeto, entre outros aspectos. Dentre os processos de desinfecção, o de uso mais frequente é a cloração, o qual utiliza o cloro como agente desinfetante. Os compostos orgânicos que compõem as águas que passam por este tratamento convertem-se em trihalometanos, um subproduto da cloração que é provado cancerígeno e deve ser evitado (MEYER, 1994).

A cerca dos conceitos hidráulicos, tem-se o fenômeno da cavitação, um processo oxidativo avançado caracterizado pela formação de cavidades, seguido de um crescimento e colapso de bolhas que liberam uma alta quantidade de energia, em um curto intervalo de tempo (DELMÉE, 2003; JYOTI & PANDIT, 2004; GOGATE, 2007). O mesmo possui como principais efeitos a geração de micro turbulências, que levam ao aumento da taxa de fenômenos de transporte, e a geração de elevadas condições de pressão e temperatura, com liberação de radicais livres altamente reativos (DELMÉE, 2003; JYOTI & PANDIT, 2004). Chama-se cavitação acústica quando o fenômeno ocorre devido a passagem de ondas sonoras que possuem uma frequência elevada e cavitação hidrodinâmica quando este ocorre a partir de variações de pressão do líquido (DELMÉE, 2003; JYOTI & PANDIT, 2004).

Tendo sido estudado desde o século XIX até os dias atuais, o fenômeno da cavitação hidrodinâmica é comumente associado negativamente quando se trata de sistemas hidráulicos. Em contrapartida, o processo tem um grande potencial na intensificação de processos físicos ou químicos, podendo reduzir consideravelmente o custo de energia se desenvolvido de forma a se aproveitar os efeitos da cavitação hidrodinâmica em condições normais de temperatura e pressão (GOGATE & KABADI, 2009; OZONEK, 2012). A cavitação hidrodinâmica ainda tem se mostrado como uma técnica promissora na desinfecção da água, podendo ser aplicada em substituição ou reduzindo a dosagem necessária de cloro no processo (JYOTI & PANDIT, 2004; GOGATE 2007).

Outro fator a ser ressaltado, é que, se desenvolvido um reator com uma grande diminuição dos gastos, quando comparado com os processos tradicionalmente empregados na desinfecção da água, haverá um aumento da facilidade para que seja entregue água de qualidade para consumo em comunidades em que o tratamento é algo de difícil execução, sendo por baixa renda ou desvantagem geográfica, entre outros quesitos que podem dificultá-lo (OZONEK, 2012). Dessa forma, faz-se necessário o estudo da cavitação hidrodinâmica com foco na desinfecção da água, podendo este constituir um facilitador para a distribuição qualitativa desta para a população.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa se deu basicamente em três etapas, de revisão bibliográfica, tomada de decisões e proposta de projeto, descritas na sequência.

A pesquisa bibliográfica foi realizada com o objetivo de obter as informações necessárias para o desenvolvimento do projeto, bem como as considerações teóricas acerca do assunto a ser trabalhado. Tal atividade foi desenvolvida durante todo o andamento do projeto com o intuito de se obter novas informações relativas ao estudo. Assim, investigou-se as condições para o desenvolvimento do fenômeno da cavitação hidrodinâmica e do processo de inativação de microrganismo por cavitação hidrodinâmica. Realizou-se também um estudo dos equipamentos que podem viabilizar a aplicação do fenômeno na desinfecção de águas.

Para a escolha da melhor alternativa, utilizou-se, primeiramente, a análise S.W.O.T (*Strengths*, *Weaknesses*, *Oppotunities* e *Threats*) que permite selecionar os pontos fortes de cada dispositivo em questão, separando-os em uma matriz que apresenta pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças dos mesmos. Posteriormente, aplicou-se a análise multicritério, a partir da seleção de alguns critérios baseados nos dados levantados na revisão bibliográfica e seus respectivos pesos conforme sua importância para a elaboração do projeto.

Dentre os dispositivos e alternativas de projeto estudas, foi elaborada uma proposta de reator aplicável a desinfecção de águas para abastecimento público.

3. RESULTADOS

3.1. CAVITAÇÃO HIDRODINÂMICA E SUA CAPACIDADE DE INATIVAÇÃO DE MICRORGANISMOS

A cavitação é um fenômeno de nucleação, crescimento e implosão de cavidades cheias de vapor ou gás, que pode ser alcançada, tratando-se da cavitação hidrodinâmica, por variações no fluxo e pressão. Neste caso, a geometria do fluxo é bruscamente alterada de forma que a energia cinética é aumentada produzindo um intenso cisalhamento, que resulta em uma redução considerável na pressão local do líquido com um aumento correspondente na energia cinética. (DEWIL, BAEYENS & GOUTVRIND, 2006). Com a pressão do líquido caindo abaixo da pressão vapor do mesmo, são criadas milhões de cavidades que possuem vida útil muito pequena, assim, elas implodem violentamente gerando altíssimas pressões (1000-2000 atm) e temperaturas (5.000-10.000 K), o que intensifica as reações químicas e a promoção de radicais e suas reações consequentes (PINJARI & PANDIT, 2010).

Sob tais condições extremas as moléculas de água se dissociam em radicais •OH e •H. Os radicais •OH reagem no meio líquido com poluentes orgânicos, oxidando e os mineralizando. O efeito mecânico também é significante. As ondas de choque geradas pelo colapso das cavas podem quebrar ligações moleculares, especialmente compostos complexos de grande peso molecular. Já os compostos intermediários são mais propensos ao ataque do radical •OH e à oxidação biológica, os quais aumentam ainda mais a taxa de decomposição de poluentes. (SAHARAN, BADVE & PANDIT, 2011).

Ressalta-se, ainda, a facilidade de fazer com que a cavitação hidrodinâmica aconteça. A mesma pode ser gerada pela passagem do líquido por uma constrição, como exemplo uma válvula de estrangulamento, uma placa de orifícios, Venturi, entre outros (GOGATE, PANDIT, 2005).

3.2. RESULTADOS SEGUNDA ETAPA: DISPOSITIVOS DE CAVITAÇÃO HIDRODINÂMICA

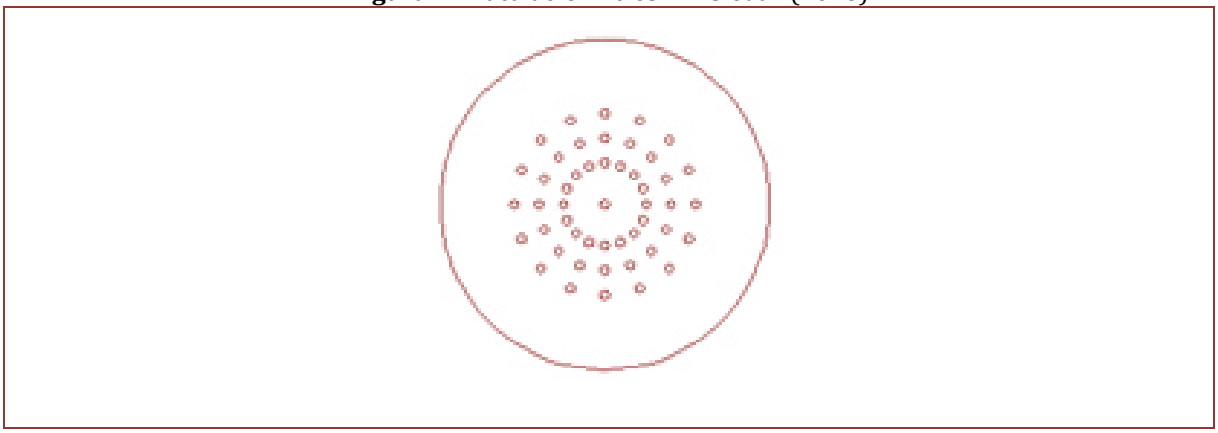
A partir do levantamento e análise de artigos científicos, foi possível agrupá-los em três grupos de acordo com os métodos aplicados para a realização da cavitação hidrodinâmica aplicada a desinfecção de águas, sendo eles a placa de orifícios, o cilindro de cortes dentados e o tubo Venturi. A tabela 1 apresenta os principais autores de artigos revisados para o estudo destes equipamentos.

Tabela 1: Principais autores consultados para o estudo dos dispositivos

Método utlizado	Autores consultados
Placa de Orifícios	Wang et al, (2015) Liu et al. (2016)
Cilindro de Cortes Dentados	Neto et al. (2014)
Tubo Venturi	Zupanc et al. (2013)

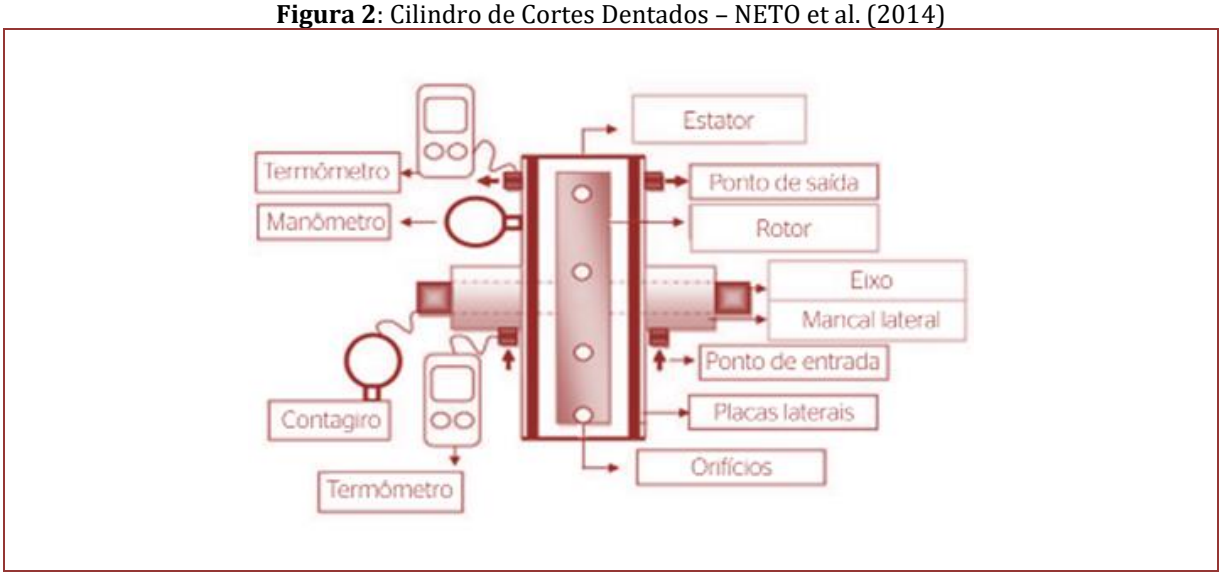
A Placa de Orifícios consiste em um dispositivo usinado em formato circular com múltiplos orifícios em sua superfície, como mostra a figura 1. A água, passando por estes orifícios cria uma região de baixa pressão, gerando o fenômeno da cavitação hidrodinâmica. O fenômeno é influenciado diretamente pela geometria do aparelho, como o tamanho dos orifícios e sua quantidade, entendendo-se assim as condições que favorecem a ocorrência do fenômeno bem como a desinfecção do líquido.

Figura 1: Placa de Orifícios – LIU et al. (2016)



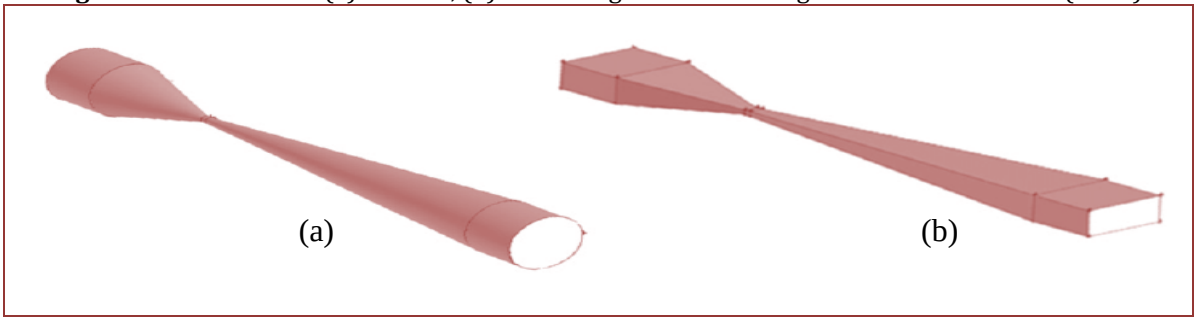
Quanto ao Cilindro de Cortes Dentados, neste método o reator é composto por um conjunto motor-bomba centrífuga, com um rotor e estator adaptados, formando um sistema reacional operando de forma contínua e em alta velocidade de rotação, com ocorrência de cavitação em seu interior, como mostra a figura 2. Ainda devem ser previstos a instalação de um inversor de frequência acoplado ao motor e de instrumentos de monitoramento: vazão, pressão, temperatura e rotação do rotor.

Figura 2: Cilindro de Cortes Dentados – NETO et al. (2014)



O dispositivo Tubo Venturi consiste em uma simples constrição em meio a tubulação como é apresentado na figura 3. Passando por esta constrição, o líquido ganha forçadamente uma grande quantidade de energia cinética e consequentemente, sofre uma grande queda de pressão, proporcionando a ocorrência da cavitação hidrodinâmica.

Figura 3: Tubo Venturi (a) circular, (b) de estrangulamento retangular – SAHARAN et al. (2013)



3.3. RESULTADOS TERCEIRA ETAPA: ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS DE PROJETO

A partir da revisão bibliográfica e dos dados levantados nesta etapa, realizou-se, a análise pelo método S.W.O.T para identificar os pontos fortes e fracos da aplicação de cada método na desinfecção da água, e as oportunidades e ameaças que poderiam ser encontradas (Figuras 4 a 6).

Figura 4: Análise S.W.O.T. para a placa de orifícios

Strengths Existência de estudos que comprovam a eficiência da tecnologia na desinfecção de água, atingindo potabilidade. Existe uma vasta literatura sobre comportamento hidráulico do dispositivo e dos fatores intervenientes do processo como velocidade, pressão de entrada, temperatura da água, entre outros. Baixo custo e muito fácil operação. Baixo ou nenhum consumo de energia. Baixa manutenção, considerando substituição quando ocorrer desgaste do dispositivo pelo uso. Investimento baixo. Baixa produção de ruído.	**Weaknesses** Existência de pesquisas que indicam o tempo para desinfecção como não ideal. Existência de pesquisas que indicam a operação do dispositivo em combinação com desinfetantes químicos para otimizar o tempo de desinfecção. Experimentos normalmente utilizam baixa vazão.
Opportunities Desenvolvimento de tecnologia de produção limpa. Aplicação em sistema de pequeno porte.	**Threats** Fabricação da peça em processo de usinagem.

Figura 5: Análise S.W.O.T. para o cilindro de cortes dentados

Strengths Existência de estudos que comprovam a eficiência da tecnologia na desinfecção de água, atingindo potabilidade. Existe uma vasta literatura sobre comportamento hidráulico do dispositivo e dos fatores intervenientes do processo como velocidade, pressão de entrada, temperatura da água, entre outros. Existência de pesquisas que indicam o tempo para desinfecção como satisfatório, mesmo sem a adição de químicos. Existência de experimentos realizados que indicam vazão de tratamento satisfatória. Baixo custo e fácil operação Consumo de energia médio. Baixa manutenção, considerando substituição quando ocorrer desgaste do dispositivo pelo uso. Investimento relativamente baixo (maior que o anterior) Baixa produção de ruído.	**Weaknesses** Tratando-se de um dispositivo que opera com movimento rotacional, o mesmo necessita de um motor elétrico para que opere, o que ocasiona: - Um maior consumo de energia, considerando tanto a bomba para circular água no sistema como o dispositivo de cavitação operando com motor elétrico - Uma maior manutenção e mais difícil operação quando comparado ao método anterior - Investimento relativamente baixo, porém maior que os outros métodos. - Considerando dois motores operando ao mesmo tempo, tem-se uma maior produção de ruído
Opportunities Desenvolvimento de tecnologia de produção limpa. Aplicação em sistema de tratamento de pequeno porte. Existe uma estrutura e potencial na universidade para conduzir pesquisas de desinfecção da água sem a aplicação de produtos químicos.	**Threats** Fabricação da peça em processo de usinagem. Custo para montagem do aparato experimental para condução do experimento em escala de bancada na universidade (maior que os outros métodos).

Figura 6: Análise S.W.O.T. para o tubo Venturi

Strengths Existência de estudos que comprovam a eficiência da tecnologia na desinfecção de água, atingindo potabilidade. Existe uma vasta literatura sobre comportamento hidráulico do dispositivo e dos fatores intervenientes do processo como velocidade, pressão de entrada, temperatura da água, entre outros. Baixo custo e muito fácil operação. Baixo ou nenhum consumo de energia. Baixa manutenção, considerando substituição quando ocorrer desgaste do dispositivo pelo uso. Investimento baixo. Muito baixa produção de ruído.	**Weaknesses** Existência de pesquisas que indicam o tempo para desinfecção como não ideal. Existência de pesquisas que indicam a operação do dispositivo em combinação com desinfetantes químicos para otimizar o tempo de desinfecção. Experimentos normalmente utilizam baixa vazão.
Opportunities Desenvolvimento de tecnologia de produção limpa. Aplicação em sistema de tratamento de pequeno porte, Existência de estrutura e potencial na universidade para conduzir pesquisa de desinfecção da água sem ou minimizando a aplicação de químicos	**Threats.** Custo para montagem do aparato experimental para condução do experimento em escala de bancada na universidade (menor que os anteriores).

A partir dos resultados da análise SWOT, foi possível identificar os fatores a serem analisados na avaliação das alternativas de projeto. Para a avaliação das alternativas e para auxiliar na tomada de decisão, utilizou-se o método de análise multicritério por média ponderada, no qual foram consideradas as principais características dos diferentes dispositivos em operação, como eficiência na desinfecção, onde inclui-se o uso ou não de produtos químicos para auxílio da mesma, tempo para atingir a potabilidade da água, consumo de energia, investimento necessário para projeto e capacidade de vazão, como apresentado na Tabela 2. Os resultados apontaram o cilindro de cortes dentados como a melhor opção.

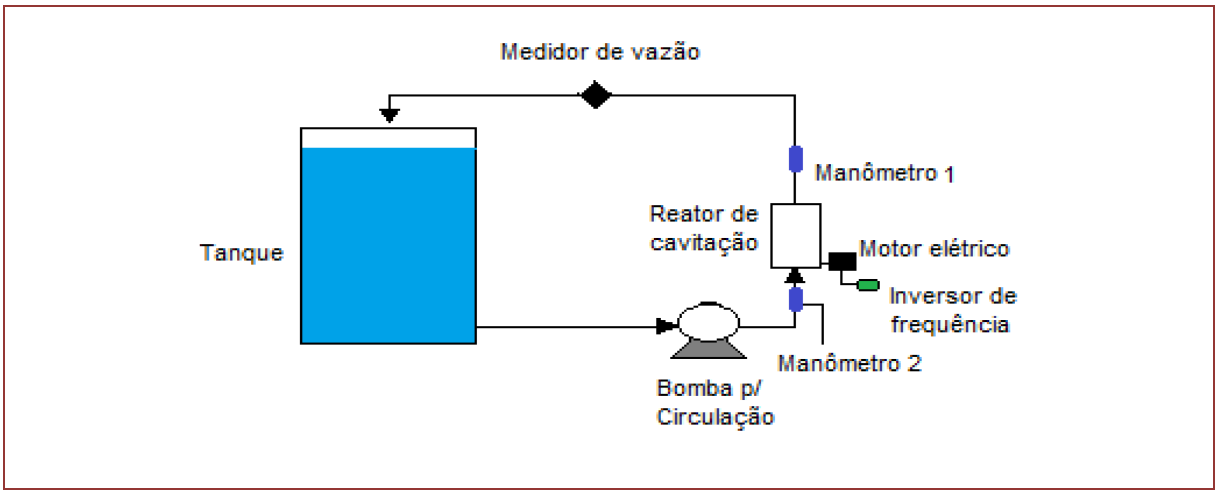
Tabela 2: Análise Multicritério

Critérios	Peso	Placa de Orifícios		Cilindro de Cortes Dentados		Tubo Venturi	
		Pontuação	Pontuação Ponderada	Pontuação	Pontuação Ponderada	Pontuação	Pontuação Ponderada
Eficácia na desinfecção	5	3	15	5	25	3	15
Custo de projeto	1	4	4	3	5	5	5
Consumo de energia	3	5	15	3	12	5	15
Capacidade de vazão	3	5	15	3	12	5	15
Pontuação Total	-	-	43	-	55	-	44

3.4. PROPOSTA DE TRATAMENTO

Com o método selecionado, foi possível elaborar uma proposta de sistema de tratamento de água em escala de bancada, como mostra a figura 7, para então se ter a possibilidade de aprofundamento no estudo da cavitação hidrodinâmica aplicada a desinfecção e analisá-lo experimentalmente.

Figura 7: Proposta de Tratamento



4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que o cilindro de cortes dentados é dito satisfatório para a elaboração de um projeto em escala de bancada, este, apesar de possuir um maior custo de projeto e maior consumo de energia/tempo, quando comparado aos outros métodos, não necessita de um aumento relevante no investimento. Além disso, o mesmo mostrou grande eficácia na desinfecção de água mesmo sem a adição de desinfetantes químicos, operando com uma boa capacidade de vazão. Dessa forma, o cilindro foi o método selecionado, sendo assim possível, em uma próxima etapa, estudar experimentalmente a eficiência do tratamento de água a partir da cavitação hidrodinâmica.

REFERÊNCIAS

[1] DELMÉE, G. J. Manual de medição de vazão. 3 ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2003.

[2] DEWIL, R.; BAEYENS, J.; GOUTVRIND, R. Ultrasonic treatment of waste activaded sludge. Environ. Prog. 25, 121-128, 2006.

[3] GOGATE, P. R. Application of cavitational reactors for water disinfection: Current status and path forward. Journal of Environmental Management, 85, 801-815, 2007.

[4] GOGATE, P. R.; KABADI, A. M. A review of applications of cavitation in biochemical engineering/biotechnology. Biochemical Engineering Journal, 44 (1), 60-72, 2009.

[5] GOGATE, P.R.; PANDIT, A.B. A review and assessment of hydrodynamic cavitation as technology for the future. Ultrason, Sonochem, 12, 21-21, 2005.

[6] JYOTI, K. K.; PANDIT, A. B. Ozone and cavitation for water disinfection. Biochemical Engineering Journal, Mumbai, 18, 9-19, 2004.

[7] LIU, Z.; ZHU, M.; DENG, C.; SU. H.; CHEN, P.; WANG. Z. Pollutant and microorganism removal from water by hydrodynamic cavitation. The Open Biotechnoly Journal, 10, 258-264, 2016.

[8] MEYER, S. T. O uso do cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. Cad. Saúde. Públ., Rio de Janeiro, 10 (1), 99-110, 1994.

[9] NETO, E. F. A.; AQUINO, M. D.; RIBEIRO. J. P.; VIDAL, C. B.; NASCIMENTO, R. F.; SOUSA, F. W. O uso da cavitação hidrodinâmica aplicado ao tratamento de água. Eng. Sanit. Ambient., 19 (2), 105-112, 2014.

[10] OZONEK, JANUSZ. Application of Hydrodynamic Cavitation in Environmental Engineering. Lublin, Poland: CRC Press, 2012.

[11] PINJARI, D. V.; PANDIT, A. B. Cavitation milling of natural cellulose to nanofibrils. Ultrasonics Sonochemistry, 17, 845-852, 2010.

[12] SAHARAN, V.K.; BADVE, M.P.; PANDIT, A.B. Degradation of reactive red 120 dye using hydrodynamic cavitation. Chem, Eng. J. 178, 100-107, 2011.

[13] SAHARAN, V. K., RIZWANI, M. A., MALANI, A. A., PANDIT, A. B. Effect of geometry of hydrodynamically cavitating device on degradation of orange-G. Ultrasonics Sonochemistry, 20 (1) 345-353, 2013.

[14] WANG, Y.; JIA, A.; WU, Y.; WU, C.; CHEN, L. Disinfection of bore well water with chlorine dioxide/sodium hypoclorite and hydrodynamic cavitation. Enviromental Technology,36 (4), 479-486, 2015.

[15] ZUPANC, M.; KOSJEK, T.; PETKOVSEK, M.; DULAR, M.; KOMPARE, B.; SIROK, B. BLAZEKA, Z.; HEALTH, E. Removal of pharmaceuticals from wastewater by biological process, hydrodynamic cavitation and UV treatment. Ultrasonics Sonochemistry, 20 (4), 1104-1112, 2013.

Capítulo 10

Saneamento rural e fonte alternativa de energia em domicílios rurais do Amazonas: Implantação de fossas sépticas biodigestoras com captação e aproveitamento do biogás

Adelina Cristina Augusto Chaves
Paulo Cezar Correa Vieira

Resumo: Manaus, a 7° maior cidade do Brasil é apontada na antepenúltima colocação no ranking de saneamento das 100 maiores cidades do país, onde somente 10,18% do esgoto é coletado e apenas 23,80% é tratado. Nas zonas rurais, o quadro se apresenta com maior gravidade. O Amazonas com apenas 7,3% dos esgotos coletados tem o 3º maior déficit de coleta de esgotos do país. Este artigo trata da implementação de fossas sépticas biodigestoras com captação e aproveitamento do biogás, utilizando simulador construído de dois módulos: Módulo I: biodigestor artesanal, para produção do biogás e Módulo II: câmara artesanal para captura e armazenamento do biogás, visando posterior envasamento em botijas para sua plena utilização. Visa, dessa forma, contribuir com a solução de problemas de saneamento rural, ocasionado pelo destino irregular dos dejetos familiares, enquanto acrescenta a possibilidade de torná-las fontes geradoras de energia alternativa, a partir da captação e do aproveitamento do biogás ali produzido, com benefícios tanto para as questões de saneamento básico, quanto para as questões socioambientais pela geração de energia renovável, além das questões econômicas para as populações rurais.

Palavras-chave: Fossas Sépticas, Biogás, Energia Alternativa, Sustentabilidade

1. INTRODUÇÃO

Manaus, a 7° maior cidade do Brasil é apontada na antepenúltima colocação no ranking de saneamento das 100 maiores cidades do país, onde somente 10,18% do esgoto é coletado e apenas 23,80% é tratado. A maior parte do volume de esgoto é despejada diretamente nos igarapés, lagos e no Rio Negro.

Nas zonas rurais, o quadro se apresenta com maior gravidade. O Amazonas com apenas 7,3% dos esgotos coletados tem o 3º maior déficit de coleta de esgotos do país. Dos quais, apenas 18 dos 62 municípios do Amazonas possuíam planos de saneamento básico em 2017, em 2011 eram apenas 9. Ou seja, não atinge cerca de 70% das cidades do Estado.

Dados oficiais(2017), indicaram que 25 cidades amazonenses registraram endemias ou epidemias associadas ao saneamento básico, dentre elas doenças como: diarreia, verminoses, dengue, malária e hepatite as quais foram detectadas em maior número de municípios.

As fossas sépticas já são reconhecidas, pelos estudiosos, como uma alternativa viável e eficiente para o tratamento dos dejetos humanos. Acrescentando-se a isso a possibilidade de transformá-las em fontes geradoras de energia alternativa, torna-se essa tecnologia necessária para a gestão de um meio rural sem redes de esgotos ou qualquer tipo de tratamento dos dejetos produzidos pela atividade humana por assegurar o destino responsável desses resíduos, trazendo benefícios tanto para as questões ambientais relacionadas ao saneamento básico, quanto para as questões relacionadas à sustentabilidade socioambiental por meio da geração de energia renovável, de baixíssimo custo, o que favorece, também, as questões econômicas para as populações rurais.

Este trabalho trata da implementação de fossas sépticas biodigestoras com captação e aproveitamento do biogás, utilizando simulador construído de dois módulos: Módulo I: biodigestor artesanal, para produção do biogás e Módulo II: câmara artesanal para captura e armazenamento do biogás, visando posterior envasamento em botijas para sua plena utilização.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e o Abastecimento, a agricultura de base familiar reúne 14 milhões de pessoas, mais de 60% do total de agricultores, e detém 75% dos estabelecimentos agrícolas no Brasil. É comum nessas propriedades o uso de fossas rudimentares (fossa "negra", poço, buraco, etc.), que contaminam águas subterrâneas e, obviamente, os poços de água, os conhecidos poços "caipiras". Assim, há a possibilidade de contaminação dessa população, por doenças veiculadas pela urina, fezes e água, como hepatite, cólera, salmonelose e outras.

O processo de biodigestão de resíduos orgânicos é bastante antigo, sendo que a primeira unidade foi instalada em Bombaim, na Índia em 1819 (SGANZERLA, 1983); na Austrália uma companhia produz e industrializa o metano a partir de esgoto desde 1911 (LARA,2019). A China possui 4,5 milhões de biodigestores que produzem gás e adubo orgânico, sendo que a principal função é o saneamento no meio rural (GAMA e LIMA, 2018).

No Brasil, a ênfase para os biodigestores foi dada para a produção de gás, com o objetivo de converter a energia do biogás em energia elétrica através de geradores (NOVAES, 2002). Isso permitiu melhorar as condições rurais, como por exemplo o uso de ordenhadeiras na produção de leite, e outros benefícios que podem ser introduzidos. Esse processo realiza-se através da decomposição anaeróbica da matéria orgânica digerível por bactérias que a transforma em biogás e efluente estabilizado e sem odores, podendo ser utilizado para fins agrícolas.

As fases do processo constam de: fase de hidrólise enzimática, ácida e metanogênica (OLSEN & LARSEN, 1987), as quais eliminam todo e qualquer elemento patogênico existente nas fezes, devido principalmente, à variação de temperatura. Com isso, o processo de biodigestão de resíduos orgânicos é uma possibilidade real a ser considerada para a melhoria do saneamento no meio rural.

3. OBJETIVOS

Implementar um modelo de fossa séptica biodigestor com captura e aproveitamento do biogás gerado como uma solução de tratamento do esgoto sanitário de residenciais em áreas rurais do Amazonas ou em áreas sem cobertura da rede pública de saneamento básico, enquanto fonte alternativa de energia. E, dessa forma: i) contribuir com a melhoria do saneamento básico no Estado do Amazonas; ii) contribuir com

soluções tecnológicas viáveis e econômicas para a redução da poluição do meio ambiente e a proliferação de doenças relacionadas à falta de saneamento básico, e; iii) contribuir com a economia doméstica familiar através da geração de energia a partir de resíduos sólidos, orgânicos, residenciais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

As limitações impostas pela Covid-19, agravadas pela total escassez de recursos para pesquisa nas universidades, impuseram mudanças no projeto original que culminaram na necessidade de se desenvolver protótipos externos para simular uma fossa séptica biodigestora e um módulo para captura do biogás. Assim, para esse estudo foram desenvolvidos dois módulos simuladores, externo: um para simular a fossa séptica biodigestora e outro para captação do biogás produzido, com vistas a seu aproveitamento. Os simuladores se basearam no biodigestor sertanejo (MATTOS e FARIAS JR., 2011) e nas inúmeras adaptações disponíveis na web, dentre as quais destacamos as soluções Gifaus (FAUSTINO, 2020), as quis foram desenvolvidas a partir da reutilização de bombonas, onde se adaptou entrada para alimentação dos insumos e mangueiras para o fluxo do gás com conexões e registros para controlar o fluxo do biogás. A seguir, os módulos desenvolvidos:

4.1. MÓDULO I: SIMULADOR DA FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA

Biodigestor externo – simulador da fossa biodigestora. considerando como parâmetros, uma estimativa baseada nos estudos CPT/UNESP (LUCAS JR, SOUZA e LOPES, 2009).

O simulador foi desenvolvido a partir de uma bombona de 80 L com tampa rosqueada, tampada, na qual foi instalado um tubo de PCV 100mm com tampa rosqueada para carga e, por meio de tubos e conexões, foi instalada uma mangueira de gás com registro para controlar a passagem do gás produzido, tendo sido instalado, também, um manômetro para se acompanhar a produção do gás.

Figura 1: Biodigestor Sertanejo (MATTOS e FARIAS JR, 2011)

Fonte: MATTOS e FARIAS JR. Manual do Biodigestor Sertanejo. Ed.do Projeto Dom Helder Câmara. Recife, 2011

Figura 2: Modelo simulador I e II

Fonte: Modelo adaptado pelo autor a partir do Biodigestor Gifaus (FAUSTINO, 2020)

4.2. MÓDULO II: SIMULADOR PARA CAPTURA E ARMAZENAMENTO DO BIOGÁS

Captação e armazenamento do biogás – para o sistema de captação do gás produzido utilizou-se 02(duas) bombonas, uma de 80 L e outra de 100 L. A bombona menor foi invertida e encaixada na maior. A maior foi preenchida com água até uma altura correspondente a 70% da sua capacidade, a ideia é que este arranjo, funcione como um fecho hídrico para o gás que está sendo ali armazenado. Na medida em que o gás é transferido da fossa biodigestora simulada para o Módulo 1, a bombona menor se desloca para cima, em decorrência da pressão do gás ali armazenado, o que sinaliza também para a quantidade de gás captado e a necessidade de descarregá-lo em dispositivo apropriado.

Outrossim, a literatura também aponta a necessidade de se filtrar o gás produzido para a melhoria da qualidade e do desempenho do mesmo. Dentre as soluções mais simples e viáveis optou-se por dois filtros: o filtro de palha de aço e o filtro de água, pelos seus baixos custos e pela facilidade de implementação. O de palha de aço, consiste num tubo preenchido com palha de aço, tampado nas duas extremidades, onde em uma tampa foi instalado uma entrada para a mangueira de gás que sai do módulo I (simulador da fossa séptica) e na outra ponta instalado uma mangueira para a saída do gás para o segundo filtro, o filtro de água, que consiste num tubo tampado e parcialmente com água. Na tampa é instalada uma entrada para a mangueira que vem do filtro anterior, a qual atravessa a tampa e segue até que a ponta esteja submersa na água. A tampa tem também uma saída com uma mangueira por onde deverá passar o gás após borbulhar na água. No entanto, devido a pandemia Covid-19, as análises do gás antes e depois da filtragem tiveram que ser adiadas.

5. RESULTADOS

Em meados de março, realizou-se a primeira carga, no módulo simulador da fossa biodigestora, com volume correspondente a 60% da capacidade do equipamento. A carga foi constituída por 50% de dejetos de animais e 50% de cascas de mandioca e frutas(trituradas). Após a primeira carga, aguardou-se, cerca de 45 dias, cf. orienta a literatura, para se obter uma quantidade significativa de gás para armazenamento. A captação do biogás, armazenado no módulo 2, foi realizada com auxílio de bomba para produzir o vácuo numa botija de gás para em seguida envasar o gás produzido. A tabela, abaixo, apresenta os resultados obtidos.

Tabela 1: Resultados obtidos no simulador

Data	Carga de biomassa (kg)	Tempo de espera (dias)	Quant. Captada de biogás ($kg_{(biogás)}/kg_{(biomassa)}$)
23/03/2021	30	-	-
08/05/2021	30	45	0,015
25/06/2021	20	30	0,026

A produção do biogás, considerando os parâmetros estabelecidos, ficou um pouco abaixo do esperado, em parte atribuídos a pequena área do simulador e à carga de biomassa diferente daquela utilizada naquele modelo. De toda forma, diferente da biomassa esperada no modelo real. Para o qual será necessário avaliação específica para se estabelecer novos parâmetros, para aquele tipo de biomassa e para a área real da fossa séptica biodigestor, considerando-se, por exemplo, uma família de cinco pessoas.

6. CONCLUSÕES

Os protótipos implementados tanto para simulação da fossa biodigestora (Módulo 1), quanto para o equipamento de captura do biogás (Módulo 2) foram simples, de fácil execução e possibilitaram acompanhar, com clareza, os objetivos do projeto.

Os resultados obtidos, embora discretos, encorajam a se ajustar o protótipo, de modo a se produzir um quantitativo satisfatório de biogás, enquanto o sistema experimentado para captura e armazenamento do biogás sinaliza para oportunidades de melhorias, com vistas ao pleno aproveitamento do mesmo.

Já a avaliação do biogás após a filtragem, oferece uma outra oportunidade de melhoria e integração entre áreas do conhecimento, de modo a se buscar aqueles que oferecem maior eficiência, sem perder o foco na economicidade e a viabilidade de implementação no meio rural, tendo em vista as populações de menor poder aquisitivo.

Deste modo, as fossas sépticas biodigestoras com captação e aproveitamento do biogás têm potencial para atender, tanto a necessidade de redução da poluição no meio-ambiente nas zonas rurais, impactando na melhoria da qualidade de vida das populações envolvidas, como propiciar a redução da dependência econômica do gás GLP, por meio de utilização de Fonte Alternativa de Energia.

Portanto, a construção de fossas sépticas biodigestor com a captação e o aproveitamento do biogás, além de oferecer uma solução para o tratamento dos dejetos humanos, ainda pode garantir uma fonte alternativa de energia renovável, contribuindo para a sustentabilidade do meio-ambiente e a melhoria da qualidade de vida da comunidade envolvida.

REFERÊNCIAS

[1] EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. In: https://www.embrapa.br/ busca-de-publicacoes/-/publicacao/1081476/memorial-descritivo-montagem-e-operacao-da-fossa-septica-biodigestora. set-out/2020.

[2] EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. In: https://www.embrapa.br/ busca-de-publicacoes/-/publicacao/1118875/perguntas-e-respostas-fossa-septica-biodigestora---edicao-revisada-e-ampliada. Set-out/2020.

[3] EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. In: https://www.embrapa.br/ busca-de-publicacoes/publicacao/1031073/sistemas-biologicos-simplificados-aplicados-ao-saneamento-basico-rural. Set-out/2020.

[4] FAUSTINO, Gilberto. Canal: www.youtube.com/user/Gifaus, disponibilizado em @gifaus.alternativas. pesquisado em junho 2020.

[5] GAMA. Marcelo A. A, et All. Biodigestores em Pequenas Propriedades Rurais de Minas Gerais: Desafios para Implantação na Agricultura Familiar. In: Anais do VII SINGEP – Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. São Paulo, 22 e 23/10/2018.

[6] LARA, Marcelo. Biodigestor: O grande produtor de biogás e biofertilizante na indústria de reciclagem animal. In: https://www.editorastilo.com.br/o-grande-produtor-de-biogas-e-biofertilizante-na-industria-de-reciclagem-animal/. 10jun2019.

[7] LUCAS JUNIOR, Jorge de; SOUZA, Cecília de F. Construção e Operação de Biodigestores. Viçosa/MG. CPT/UNESP,

2009

[8] MATTOS e FARIAS JUNIOR. Manual do biodigestor sertanejo. Recife: Projeto Dom Helder Camara, 2011. 55 p.: il. ISBN: 978-85-64

[9] NOVAES. Antônio P. de at All. Utilização de Fossa Séptica Biodigestora para Melhoria do Saneamento Rural e Agricultura Orgânica. Comunicado Técnico 46. EMBRAPA, São Carlos/SP. 2002.

[10] OLSEN, J. E.; LARSEN, H. E. Bacterial decimation times in anaerobic digestions of animal slurries. Biological Wastes, v. 21, n. 3, p. 153-68, 1987.

[11] SGANZERLA, Edílio. Biodigestores: uma solução. Porto Alegre: Agropecuária, 1983

Capítulo 11

Saneamento básico em comunidades tradicionais de Paranaguá/PR: Panorama dos serviços, percepção e hábitos de moradores

Luiza Natalino
Giovanna Falavinha Razente
Ana Flavia Locateli Godoi

Resumo: Cobertura de serviços de saneamento básico nas áreas rurais é expressivamente menor do que em áreas urbanas no Brasil, não sendo diferente no estado do Paraná, cuja população rural tem grande diversidade cultural e inclui populações indígenas e comunidades tradicionais, com modos de vida diferenciados. Os dados de saneamento em comunidades tradicionais são escassos, portanto, esta pesquisa teve como objetivo realizar um panorama dos serviços em cinco comunidades tradicionais do município de Paranaguá, buscando entender os hábitos e percepções dos moradores em relação a estes serviços. Foram realizadas entrevistas porta a porta nas comunidades de Amparo, Piaçaguera, Ilha do Teixeira, Vila de Encantas e Aldeia Tekoa Takuaty entre os meses de julho e setembro de 2019, conduzidas de forma semiestruturadas tendo como base as questões do último censo do IBGE. Os resultados apontaram que os serviços de abastecimento de água são relativamente adequados e satisfatórios nas cinco comunidades. No entanto, o déficit em esgotamento sanitário e no manejo de resíduos sólidos foi constatado, sobretudo na Tekoa Takuaty. Conclui-se, porém que para dar passos na direção da universalização, além da melhoria técnica e operacional dos serviços, deve-se investir no envolvimento social para que haja principalmente a sensibilização e fortalecimento das populações tradicionais.

Palavras-chave: Saneamento Rural, Saneamento Básico, Comunidades Tradicionais, Comunidades Indígenas.

1. INTRODUÇÃO

O Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) e o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), ao desagregar os indicadores de acesso a serviços de saneamento básico, evidenciou significativas desigualdades entre populações urbanas e rurais (BRASIL, 2014; FUNASA, 2019). A diversidade do ambiente rural brasileiro é muito expressiva, incluindo povos dos campos, das águas e das florestas, pois o território rural é composto por uma extensa lista de povos de comunidades tradicionais (PCT) (FUNASA, 2019).

Os PCT são populações culturalmente diversificadas que dependem de um território saudável para sua existência e reprodução cultural (BRASIL, 2007) e, embora haja poucos estudos e informações oficiais relativos à situação do saneamento em seus territórios, alguns autores apontaram uma ineficiência ou ausência dos serviços de saneamento básico em diferentes territórios, como apresentado por Ferreira e Pantaleão (2016), Mercado et. al (2018), Silva, Lima e Spinola (2020) em comunidades quilombolas de diferentes regiões do Brasil, por Silva e Fernandes (2013) nos territórios das Quebradeiras de Coco Babaçu no norte do Piauí, por Bernardes e Bernardes (2013) em comunidades ribeirinhas da Amazônia, por Souza e Montysuma (2019) em comunidade de pescadores artesanais no Rio de Janeiro e por Penna e Heller (2007), Brandelli et. al (2012) e Assis et. al (2013) que apresentaram deficiências no saneamento em territórios de diferentes etnias indígenas.

O município de Paranaguá, por sua vez, conhecido por abrigar o maior porto graneleiro da América Latina, também está localizado em uma região de valioso patrimônio natural, histórico e cultural. Pois, no complexo estuarino de Paranaguá, encontram-se instaladas diversas comunidades de pescadores artesanais e aldeias indígenas do povo Mbya-Guarani que mantêm seus modos tradicionais de viver (PARANAGUÁ, 2020).

A falta de informações oficiais e poucas pesquisas na literatura com foco em saneamento de comunidades tradicionais da região foram justificativas do presente estudo, já que resultados de um panorama do saneamento básico podem servir de base para futuras políticas públicas que poderão melhorar o acesso das comunidades da região aos serviços de saneamento.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento da situação do abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos de quatro comunidades de pescadores artesanais e de uma comunidade indígena do Povo Mbya-Guarani da zona rural de Paranaguá, bem como conhecer a realidade, hábitos e percepções dos moradores destas comunidades tradicionais quanto a esses serviços.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo delimitada é a região rural e insular do município de Paranaguá, especificamente as comunidades de Amparo, Piaçaguera, Vila de Encantadas (Ilha do Mel), Ilha do Teixeira e Tekoa Takuaty (Ilha da Cotinga) que estão localizadas no complexo estuarino de Paranaguá e indicadas na Figura 1.

O panorama do saneamento básico foi realizado através de visitas in loco durante os meses de julho e agosto de 2019. O método utilizado para a pesquisa foi a aplicação de questionários a partir de entrevistas semiestruturadas, conduzidas por meio de questões específicas, porém com possibilidades do entrevistado falar livremente sobre o tema (PÁDUA, 2004).

As entrevistas foram realizadas apenas com moradores fixos de cada comunidade a partir de um bloco de perguntas composto de questões relativas ao abastecimento de água, esgotamento sanitário e gestão de resíduos sólidos. Utilizou-se como base o questionário básico do bloco de características do domicílio do último censo do IBGE (IBGE, 2016), além de questões relacionadas às percepções e hábitos dos moradores quanto ao saneamento básico.

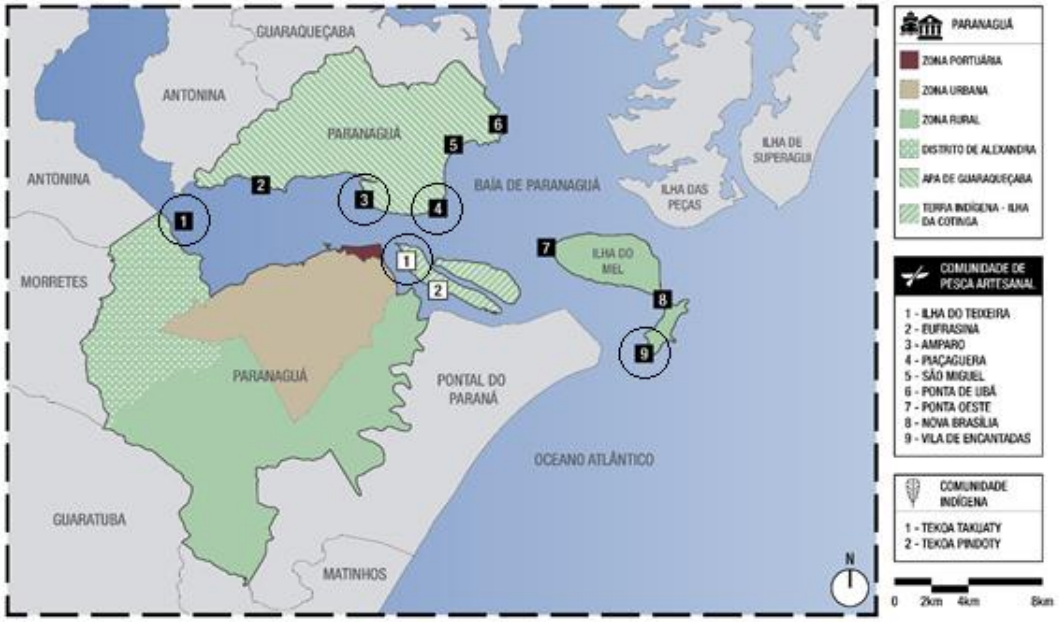
Para o cálculo amostral, utilizou-se as variáveis tamanho do universo, erro amostral e nível de confiança para encontrar o tamanho da amostra (BOLFARINE; BUSSAB, 2005). Os dados de número de moradores foram disponibilizados pela Secretaria Municipal de Agricultura e Pesca (SEMAPA) de Paranaguá, responsável pela gestão das comunidades de pescadores artesanais.

Determinou-se o nível de confiança de 95% e erro de 10%. Desta forma, foram aplicados questionários em 98 residências, abrangendo um total de 355 moradores.

Para realizar análise de resultados, foi realizado o cálculo do déficit nos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e gestão de resíduos sólidos, utilizando-se metodologia do Plansab (Brasil,

2014) e relacionou-se tais resultados com os hábitos e percepções da população.

Figura 1 - Comunidades tradicionais presentes no complexo estuarino de Paranaguá e comunidades estudadas



4. RESULTADOS

A Figura 2 apresenta as diferentes formas de abastecimento de água das residências das comunidades tradicionais visitadas.

Figura 2- Formas de abastecimento de água nas comunidades. Resultado das entrevistas realizadas em julho e agosto de 2019.

A Figura 2 mostra que 100%, 93%, 100%, 100% e 0% dos moradores de Amparo, Encantadas, Piaçaguera, Ilha do Teixeira e Tekoa Takuaty, respectivamente, tinham acesso à rede de abastecimento de água comunitária.

Na Vila de Encantadas, 7% da população tem acesso à água apenas através de poço artesiano e 10% utilizam a água de poço para fins secundários.

Na Tekoa Takuaty, a captação de água é feita em uma nascente localizada a poucos metros do núcleo da aldeia em área preservada da Terra Indígena da Ilha da Cotinga.

Todos os domicílios visitados havia canalização interna, exceto nas cinco residências da aldeia guarani, cuja canalização era externa.

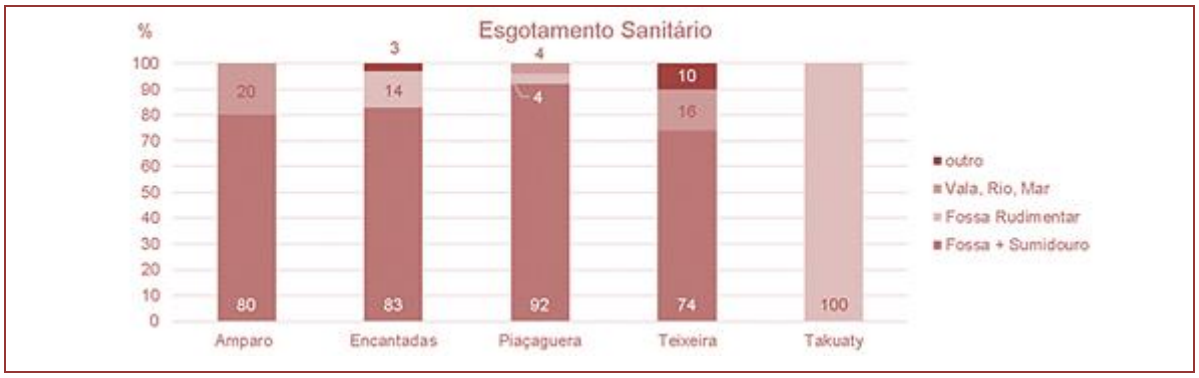
A Vila de Encantas é única com Estação de Tratamento de Água, as outras comunidades de pescadores artesanais possuem microssistemas de abastecimento com tratamento simplificado e a aldeia guarani não possui tratamento de água.

Na aldeia, embora não haja tratamento, a comunidade toda considera a qualidade da água boa. Para a comunidade, é preferível que a nascente se mantenha preservada do que seja implantado um sistema de tratamento que altere o sabor da água.

Quanto à percepção da qualidade da água nas comunidades de pescadores artesanais, 76%, 80%, 92%, 95% dos moradores das comunidades de Amparo, Encantadas, Piaçaguera e Ilha do Teixeira, respectivamente, consideram a água boa. No entanto, houve relatos de doenças de veiculação hídrica, sobretudo em crianças nos períodos de veraneio, quando aumenta o fluxo de pessoas nas comunidades.

As doenças de veiculação hídrica são comuns em locais onde o sistema de tratamento de efluente é ineficiente. Para as comunidades estudadas, não há sistema centralizado de tratamento de efluente. A Figura 3 apresenta as diferentes formas de esgotamento sanitário das residências.

Figura 3- Formas de esgotamento sanitário. Resultado das entrevistas realizadas em julho e agosto de 2019



A forma de tratamento para o efluente sanitário mais utilizada nas comunidades de pescadores artesanais foi a fossa seguida de sumidouro (80%, 83%, 92%, 74%), mas foi verificada também a utilização de fossa rudimentar e o lançamento de efluente diretamente no ambiente (rio, mar, vala).

Durante as entrevistas, houve reclamações dos moradores quanto à ineficiência do esgotamento sanitário, foram observadas valas a céu aberto, possivelmente com efluente sem tratamento por conta dos aspectos de odor e visuais, nas comunidades de Amparo, Encantadas e Piaçaguera.

Pelo fato de todos os domicílios entrevistados estarem localizados em ilhas, onde não é possível a chegada de caminhões limpa fossa, a maioria dos entrevistados afirmou que não é realizada a retirada periódica do lodo e aqueles que fazem, retiram manualmente sem a utilização de equipamentos de proteção adequados.

Daqueles que utilizam a fossa, uma parcela respondeu que o terreno onde está instalada a fossa alaga em períodos de chuva: 35% em Amparo; 13% em Piaçaguera; 21% na Ilha do Teixeira e 38% em Encantadas.

Na comunidade guarani a única forma utilizada foi fossa rudimentar que estava ligada ao único banheiro presente na comunidade.

A Tabela 1 mostra que nas comunidades de pescadores artesanais havia ao menos um banheiro em cada um dos domicílios visitados. Por outro lado, na aldeia guarani havia apenas um banheiro externo para cinco domicílios, porém próximo a apenas uma das residências.

Tabela 1 – Instalações sanitárias nas comunidades de Amparo, Encantadas, Ilha do Teixeira, Piaçaguera e Tekoa Takuaty

Comunidade	Presença de ao menos um banheiro por domicílio	Uso de instalações hidrosanitárias	Dentro do domicílio
Amparo	100%	100%	92%
Encantadas	100%	100%	93%
Ilha do Teixeira	100%	100%	100%
Piaçaguera	100%	100%	96%
Tekoa Takuaty	20%	100%	0%

A Tabela 1 mostra que o hábito de utilizar instalações sanitárias com veiculação hídrica é comum para todos os moradores entrevistados das cinco comunidades.

O tratamento em todas as comunidades era voltado às águas de vaso sanitário (águas escuras), os moradores não demostraram preocupação com o direcionamento da água cinza ao ambiente. Apenas na Vila de Encantadas os moradores utilizam caixa de gordura para o efluente da cozinha.

A localização geográfica das comunidades limita a manutenção dos sistemas de tratamento utilizados pelas comunidades. De forma semelhante, há dificuldade também no manejo de resíduos dentro das ilhas.

A comunidade do Amparo e a Vila de Encantadas são as únicas comunidades com coleta pública domiciliar de resíduos sólidos. Em Piaçaguera o resíduo deve ser levado até um container para a coleta pública.

Amparo e Piaçaguera são comunidades também atendidas por uma iniciativa privada de troca de recicláveis por alimentos uma vez ao mês. Na Ilha do Teixeira e Tekoa Takuaty não há nenhum tipo de coleta.

A maior parcela dos resíduos orgânicos é destinada aos animais nas cinco comunidades, 96% (Amparo), 37% (Encantadas), 92% (Piaçaguera), 86% (Teixeira) e 100% (Tekoa Takuaty).

A Figura 4**Figura** apresenta as diferentes formas de destinação dos resíduos sólidos que não coletados nas residências das comunidades estudadas.

Figura 4 - Formas de destinação de resíduos sólidos não coletados nas comunidades. Resultado das entrevistas realizadas em julho e agosto de 2019

Apenas moradores de Amparo, Piaçaguera e Vila de Encantadas vivem residências onde todo o resíduo é coletado, 28%, 79% e 29%, respectivamente.

Parte do resíduo das comunidades de Encantadas, Piaçaguera, Ilha do Teixeira é enterrado. E, embora haja serviço de coleta em algumas comunidades, parte significativa dos resíduos é queimado, sobretudo em Amparo, Piaçaguera, Ilha do Teixeira e Tekoa Takuaty, onde 72%, 67%, 95% e 100% dos moradores tem a prática de queimar resíduos.

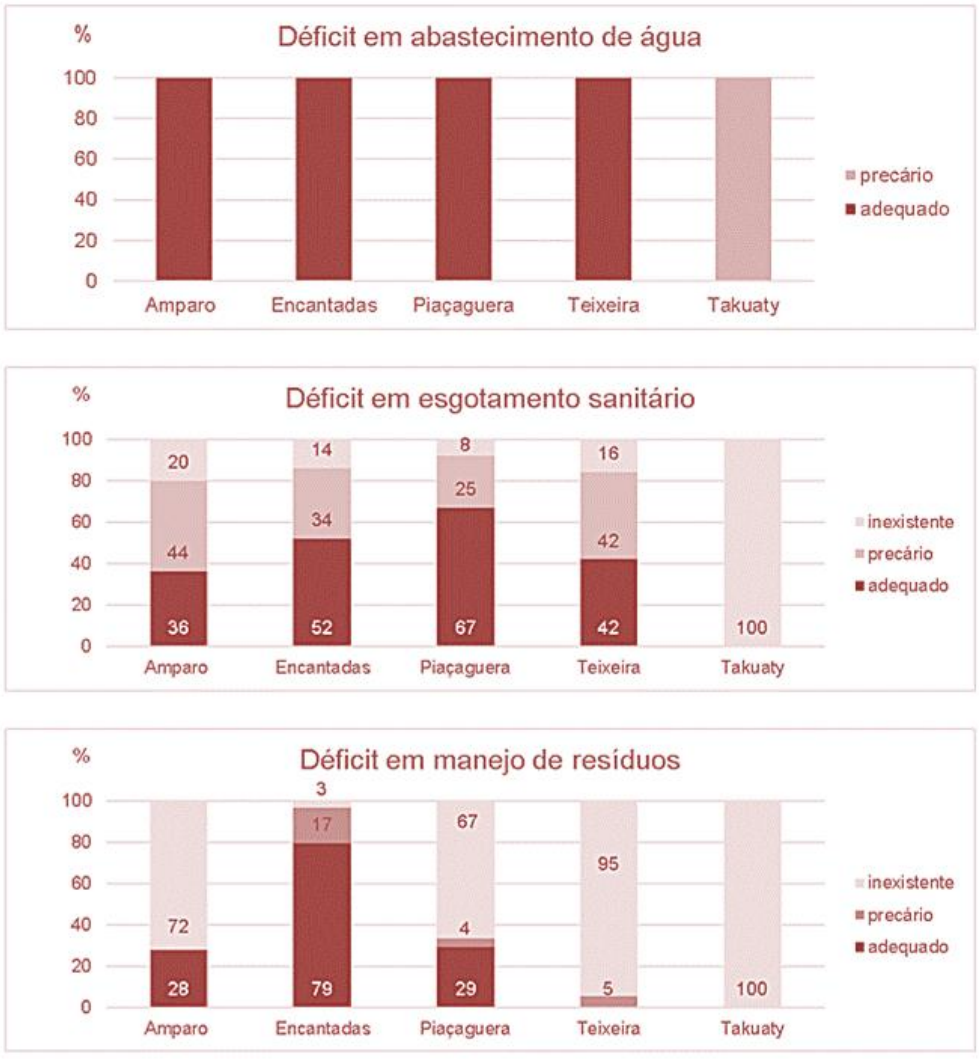
Segundo os moradores das comunidades da Ilha do Teixeira e Tekoa Takuaty, a parcela do resíduo que não é queimada, é levada pelos moradores até o continente para que possa ser destinado à coleta pública municipal.

O resíduo mais gerado, em todas as comunidades é o plástico. Os moradores de todas as comunidades relataram o consumo significativo de produtos industrializados. O único local em que todos as residências praticam a agricultura de subsistência é a aldeia guarani.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O déficit nos serviços de saneamento básico se caracteriza pela soma da parcela com atendimento precário e inexistente. A Figura 5 apresenta a situação do acesso aos serviços nas residências das comunidades tradicionais visitadas.

Figura 5 - Déficit em abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos nas comunidades de Amparo, Encantadas, Ilha do Teixera, Piaçaguera e Tekoa Takuaty, calculado a partir da metodologia do Plansab



Não há déficit de abastecimento de água nas comunidades de pescadores, pois não há intermitências no abastecimento, a água é tratada e as residências possuem canalização intena. No entanto, na Tekoa Takuaty as residências não possuem canalização interna. É importante que seja verificada a potabilidade da água consumida na aldeia, no entanto, se houver necessidade de tratamento, deverá ser discutido com a comunidade para que sejam respeitados os aspectos culturais.

A situação do abastecimento de água é considerada satisfatória nas comunidades de pescadores, com poucas reclamações dos moradores, diferente do encontrado por Souza e Montysuma (2019), Ferreira e Pantaleão (2016) e Bernardes e Bernardes (2013). A região de estudo tem significativa área preservada de Mata Atlântica, contribuindo para a disponibilidade e qualidade da água.

O déficit em esgotamento sanitário foi de 64%, 48%, 33%, 58% e 100% em Amparo, Encantadas, Piaçaguera, Teixeira e Tekoa Takuaty, respectivamente. Aproximadamente um terço dos terrenos visitados na comunidade de Amparo, Ilha do Teixeira e em Encantadas sofriam com terrenos alagados em períodos chuvosos, portanto, em alguns casos, as fossas também foram consideradas “atendimento precário”.

Observou-se que os moradores não demonstraram preocupações quanto à operação e limpeza das fossas. Tonetti et al. (2018) apresentam que o processo de esgotamento sanitário em comunidades rurais deve considerar questões ambientais, sociais, operacionais e culturais. Desta forma, a implantação de uma fossa não necessariamente resolve a questão do déficit no saneamento

A aldeia guarani possui número insuficiente de instalações sanitárias nas imediações dos domicílios, um princípio normativo dos direitos humanos à Água e ao Esgotamento Sanitário (ONU, 2010), situações semelhantes que foram encontradas por Penna e Heller (2007), Brandelli et al. (2012) e Assis et al. (2013).

O déficit em manejo de resíduos sólidos foi alto em todas as comunidades, com exceção na Vila de Encantadas, única com coleta pública de frequência diária. Nas comunidades de Amparo e Piaçaguera o déficit não foi 100%, pois, além da coleta pública, estas comunidades também são atendidas por uma iniciativa privada de troca de recicláveis por alimentos uma vez ao mês.

No entanto, diferente do observado na Ilha do Mel, onde os moradores relataram não ter motivação para separar os resíduos orgânicos e recicláveis, pois é todo misturado na estação de transbordo, 100% dos moradores entrevistados de Piaçaguera relataram separar os resíduos por conta do programa de troca da iniciativa privada.

Brito (2018) destaca a relevância social, ambiental e cultural de iniciativas de troca, pois destaca a relevância da educação ambiental na aplicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010).

Na Ilha do Teixeira, por outro lado, onde não há coleta de resíduos, parte da população mostrou não saber da diferença entre resíduo reciclável e não reciclável.

Na Tekoa Takuaty, contudo, os resíduos são separados, pois parte do orgânico é destinado aos animais, mas também é utilizado como adubo em plantações, por isso a população tem planos de iniciar compostagem devido à agricultura tradicional.

6. CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A situação do abastecimento de água nas comunidades de pescadores é adequada, porém indica-se que sejam realizadas análises de qualidade da água periódicas para verificar a potabilidade para consumo humano, sobretudo na Tekoa Takuaty onde não há tratamento.

A qualidade da água é possivelmente mantida nestes locais, devido à captação ser em áreas com vegetação preservada e distante do núcleo da comunidade.

Há grandes deficiências no acesso ao esgotamento sanitário. A matriz tecnológica do PNSR integra um quadro de opções para o tratamento de efluentes que vai além do tanque séptico (FUNASA, 2019) e Tonetti et. al (2018) apresenta caminhos de escolha de tecnologias de tratamento considerando as condições ambientais, culturais e operacionais da comunidade.

A educação ambiental também é um importante instrumento da PNRS, pois houve a melhoria de hábitos

no manejo de resíduos em comunidades onde há o programa de troca de resíduos da iniciativa privada. A educação e participação social é um importante eixo estratégico, tanto do Plansab quando do PNSR, para alcançar a meta de universalização dos serviços de saneamento básico, sobretudo no ambiente rural.

Houve uma grande diferença entre o acesso das comunidades de pescadores e aldeia indígena no acesso aos serviços. Por conta disso, além da melhoria técnica e operacional dos serviços nestas comunidades, recomenda-se que sejam realizadas iniciativas, sejam públicas ou privadas, de envolvimento social para que haja principalmente a sensibilização e fortalecimento das populações tradicionais do município com objetivo que os moradores sejam atores ativos deste processo.

REFERÊNCIAS

[1] Assis et al. Prevalência de parasitos intestinais na comunidade indígena Maxakali, Minas Gerais, Brasil, 2009. Cad. Saúde Pública, Rio de Janero, v.29, n. 4, p.681-690, abr, 2013.

[2] BERNARDES, R.S; BERNARDES, C. Dívida sanitária e falta de acesso aos direitos humanos: acompanhamento da transformação social em comunidade ribeirinha na amazônia brasileira após intervenções em saneamento básico. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA). v.1. 2013.

[3] BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. Elementos de amostragem. São Paulo: Blucher, 2005.

[4] BRANDELLI et al. Intestinal parasitism and socio-environmental factors among Mbyá-Guarani indians, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. Rev. Inst. Med. Trop, São Paulo, v.54. 2012.

[5] BRASIL. Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010.

[6] BRASIL. Decreto n°6.040, de 07 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. Brasília, DF. 2007.

[7] BRASIL. Plano Nacional de Saneamento Básico. Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2013.

[8] BRITO, M. A. Gestão dos resíduos sólidos urbanos em Jandaia/GO: Programa Troca Sustentável. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Pós-Graduação e inovação – PRPI/EAD. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Fortaleza. 2018.

[9] Ferreira, E.P.; Pantaleão, F.S. Saneamento básico em comunidades quilombolas no Estado de Alagoas. Revista Geotemas. Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v.6. 2016.

[10] FUNASA. Ministério de Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural. Brasília: Funasa. 260 p. 2019.

[11] ONU. General Assembly. Resolution: The human right to water and sanitation (A/ RES/64/292). UN, 2010.

[12] PENA, J. L.; HELLER, L. Perfil sanitário: as condições de saneamento e de habitação na Terra Indígena Xakriabá, Minas Gerais. Revista de Estudos e Pesquisas, FUNAI, Brasília, v.4. 2007.

[13] SILVA, R.T.; FERNANDES, V.C. GUARDIÃS DA BIODIVERSIDADE: a realidade das quebradeiras de coco babaçu no Piauí. Revista Ciência Trópico. Recife, v.37. 2013.

[14] SILVA; LIMA; SPINOLA. Saneamento básico e doenças de veiculação hídrica: um estudo da comunidade quilombola de Remanso, Lençóis (BA). Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos. v. 6. Goiânia. 2020.

[15] SOUZA, F.P; MONTYSUMA, M.F.F. Indicadores socioambientais dos pescadores da Lagoa de Cima e da Vila de Marsaxlokk. Revista Ambiente & Sociedade. v. 22, São Paulo. 2019.

[16] PÁDUA, E. M. M. Metodologia de pesquisa: abordagem teórico-prática. 10ª edi. Ver. E atual. Campinas, SP. 2004.

[17] PARANAGUÁ. Município de Paranaguá. Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Paranaguá. 2020.

[18] TONETTI, A. L. et al. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas, SP. Biblioteca/Unicamp. 153 p. 2018.

Capítulo 12

Redução de perdas através do controle de pressão, controle de vazamentos e adequação da infraestrutura vinculadas a performance

Silvio Henrique Campolongo

Luis Guilherme Bechuate

Eduardo Augusto Ribeiro Bulhões Filho

Gustavo Silva Pinto

Cintia Yuri Matsuguma Rossi

Eduardo Pereira Sandini

Resumo: Para atender aos termos dos contratos de concessão firmados com os municípios, a concessionária elaborou um plano de investimentos que inclui entre outras ações, melhorias operacionais e implantação de melhorias no abastecimento de água, atuando na avaliação da sua eficiência e viabilidade, cujos objetivos principais são: Avaliação da eficiência das metodologias atualmente utilizadas pela concessionária no controle e redução de perdas; Avaliação da relação Custo/Benefício das ações operacionais e executivas realizadas para o controle de perdas; Estabelecimento de uma nova sistemática de avaliação de performance dos setores de abastecimento a partir da execução dos serviços; Uniformização da terminologia técnica a ser utilizada pela concessionária, e redução do índice total de perdas anual; A partir da avaliação da eficiência de atividades inerentes ao controle de perdas, inferir parâmetros e premissas técnicas e econômicas para a otimização do controle das perdas. Atualmente existem diversas modalidades de contratações para as atividades e obras de engenharia relacionadas ao saneamento, realizadas por empresas públicas de economia mista e suas subsidiárias e empresas privadas. Dentre as modalidades mais usuais, destacaram-se ao longo dos anos contratações em um primeiro momento a "Preço fixo", onde o escopo é detalhado e os pagamentos são realizados de acordo com as entregas, e, em um segundo momento "*Turn Key*" onde a empresa contratada fica obrigada a entregar o produto ou serviço em plenas condições de funcionamento. Contudo uma modalidade de contratação implementada em meados de 2010 e está em grande ascensão devido a notoriedade dos resultados é a de "Preço fixo mais remuneração de incentivo" difundida através de contratos de performance que podem auferir resultados notáveis para os contratantes e contratados, com possibilidade de potencialização dos ganhos com vantagens financeiras mútuas. O presente trabalho tem por objetivo: apresentar um projeto implementado com sucesso, indicando os objetivos, as dificuldades, as soluções de contorno e os resultados obtidos tendo em vista o foco em redução de perdas em áreas de alta vulnerabilidade social e apresentar a estruturação da contratação de performance utilizada.

Palavras-chave: Performance, Redução de Perdas, infra estrutura, controle de vazamentos, meta.

1. INTRODUÇÃO

Para atender aos termos dos contratos de concessão firmados com os municípios, a concessionária elaborou um plano de investimentos que inclui entre outras ações, melhorias operacionais e implantação de melhorias no abastecimento de água para os municípios. A concessionária com a implementação do Programa de Redução de Perdas vem nos últimos anos atuando fortemente na avaliação da sua eficiência e viabilidade, cujos objetivos principais são:

1) Avaliação da eficiência das metodologias atualmente utilizadas pela concessionária no controle e redução de perdas na rede de distribuição de água;

2) Avaliação da relação Custo/Benefício das ações operacionais e executivas realizadas para o controle de perdas e de seus condicionantes específicos;

3) Estabelecimento de uma nova sistemática de avaliação de performance dos setores de abastecimento a partir da execução dos serviços;

4) Uniformização da terminologia técnica a ser utilizada pela concessionária, visando minimizar ou mesmo eliminar equívocos na percepção ou identificação das perdas e seus componentes, reduzindo o índice total de perdas anual da MS;

5) A viabilidade econômica do controle de perdas e a avaliação da sua eficiência visam a partir da avaliação da eficiência de atividades inerentes ao controle de perdas, inferir parâmetros e premissas técnicas e econômicas para a otimização do controle das perdas, o qual será a base para a tomada de decisões para os seguintes aspectos:

5.1) Indicação das ações que mais otimizem, em termos de: benefícios, custos e prazos a redução de perdas em cada setor;

5.2) Avaliação da eficácia das próprias metodologias adotadas atualmente (por exemplo: análise da quantidade de pesquisa e detecção de vazamentos não visíveis requeridas por trecho e por tempo, tipos de comissionamento em VRPs, etc.

As perdas reais representam as perdas de água do sistema de abastecimento decorrentes de vazamentos na infraestrutura de distribuição e/ou de extravasamentos em reservatórios, usos operacionais (descarga de redes, lavagem de reservatórios/redes). Dentre as intervenções para o controle de perdas reais, onde se realizam as ações corretivas e preventivas focadas nas principais causas das perdas reais: vazamentos em ramais, vazamentos em redes, pressões altas, entre outras. Além da infraestrutura (material de ramal e rede, idade, etc.) o fator físico de análise deve ser a pressão por zona ou área controlada por VRP (setorização).

2. OBJETIVO

Prestação de serviços de engenharia para redução de volume perdido no setor de abastecimento embu santo eduardo por meio de ações de controle de pressão, controle ativo de vazamentos e adequação da infraestrutura vinculadas a meta de performance, visando o aumento da eficiência operacional, através de um escopo mínimo obrigatório descrito a seguir:

a) Detalhamento do projeto básico fornecido pela concessionária e implantação de 03 válvulas redutoras de pressão (VRP) com controlador e datalogger de pressão para monitoramento do ponto crítico;

b) Estudo e colocação em operação de 3 VRPs existentes;

c) Detalhamento e execução do programa de varredura para detecção de vazamentos não visíveis, contemplando pesquisa de vazamentos em 505 km de rede de distribuição de água no setor de abastecimento Embu-Santo Eduardo;

d) Troca de 6.630 m de redes pelo método convencional e 100 m de redes trocadas pelo método não destrutivo (MND);

e) Instalação de 1 novo booster, composto por 2 conjuntos moto bomba de 40 cv, sendo 1 conjunto de reserva;

f) Instalação de 1 novo booster, composto por 2 conjuntos moto bomba de 75 cv, sendo 1 conjunto de reserva;

g) Fornecimento, reforma e instalação de 1 booster; composto por 2 conjuntos moto bomba de 30 cv, sendo 1 conjunto de reserva;

h) 105 interligações em redes existentes;

i) Fornecimento de 06 controladores inteligentes de VRP- tipo contínuo com datalogger e modem integrados providos de tecnologia GSM;

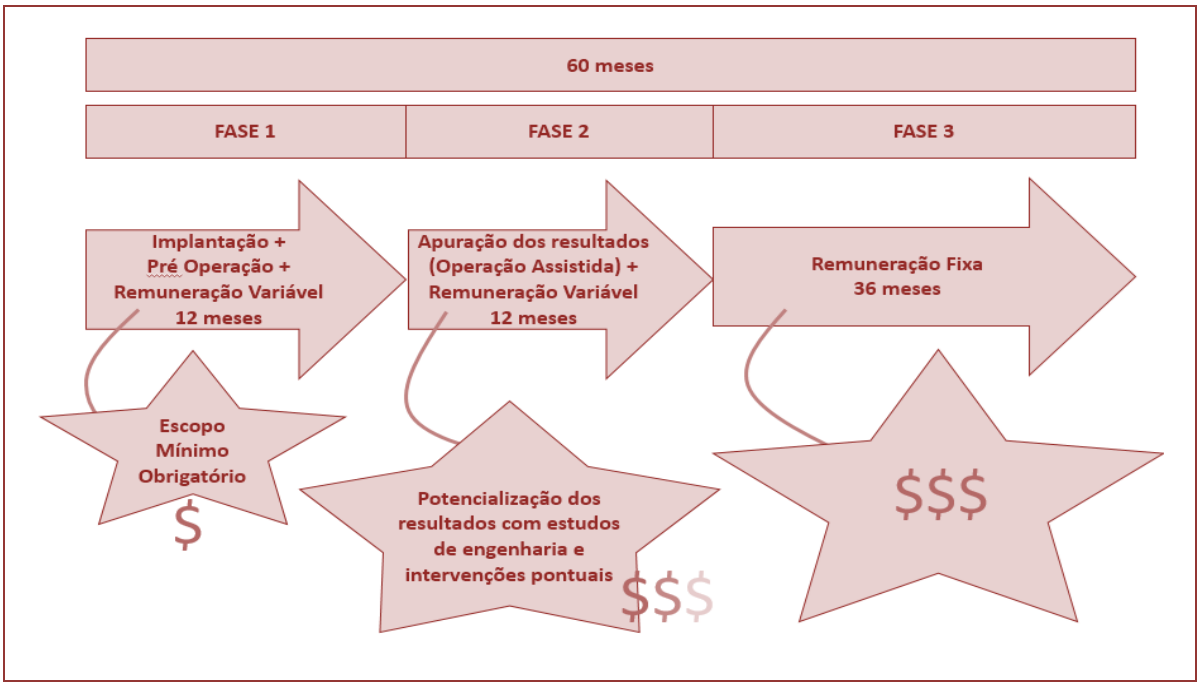
j) Fornecimento de 08 dataloggers de pressão com modem interno providos de tecnologia GSM;

k) Medições de pressão e vazão para fins de controle da área.

3. METODOLOGIA UTILIZADA

Para estabelecer a metodologia de implementação e execução das atividades, foi necessário avaliar as condições contratuais estabelecidas que traziam a seguinte regra de execução e remuneração em 2 fases:

Figura 1: Fases do projeto



De acordo com a legislação brasileira, os contratos públicos podem ter seus valores ampliados em até 25%, respeitadas os demais parâmetros legais e administrativos.

Diante disto e visando o estímulo do parceiro privado no alcance de melhores resultados, o contrato previa que a remuneração estaria condicionada ao alcance de indicadores compreendidos entre 75% e 120% das metas estabelecidas para o projeto. Ou seja, independentemente do grau de sucesso das ações, o teto de remuneração seria de 120% dos valores contratuais, e em caso de insucesso, abaixo de 75% das metas, seriam apenas remunerados os ativos implantados.

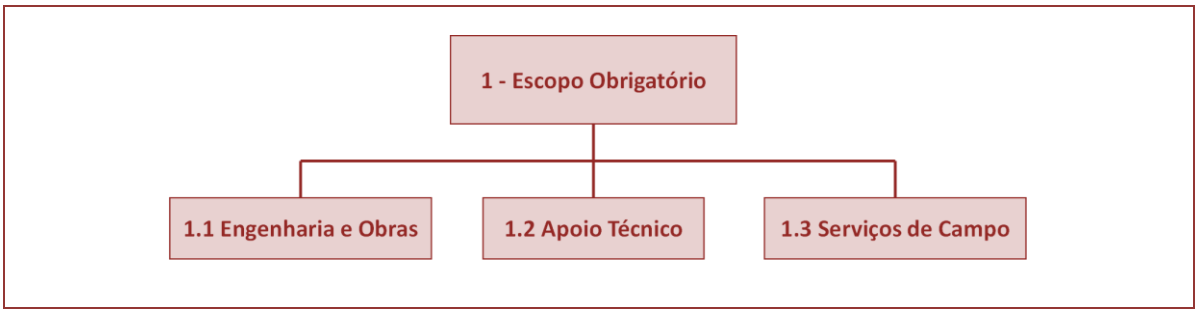
No presente caso do Projeto Santo Eduardo, a meta imposta foi reduzir em 14% o volume perdido no setor, o que conforme a linha de base do projeto, corresponde a um volume de 62.437 m^3/mês.

Para o atingimento dessa meta a concessionária estabeleceu um escopo mínimo obrigatório a ser executado pela parceira privada, na FASE 1, conforme descrito a seguir:

4. FASE 1 – IMPLANTAÇÃO DO ESCOPO OBRIGATÓRIO E PRÉ-OPERAÇÃO. REMUNERAÇÃO VARIÁVEL

O escopo mínimo obrigatório teve o objetivo de auferir os ganhos para atender a meta contratual. Foi gerido através da Estrutura Analítica de Projeto, apresentada na figura a seguir:

Figura 2: Estrutura Analítica do Projeto (EAP)



4.1. ENGENHARIA E OBRAS

4.1.1. DIAGNÓSTICO DO SETOR DE ABASTECIMENTO

O diagnóstico das condições atuais de abastecimento do setor de abastecimento teve enfoque em viabilidade e definição de Distritos de Medição e Controle (DMC) e válvulas redutoras de pressão (VRP) a serem implantados no setor de abastecimento, contemplou a análise operacional do sistema existente, através de software de modelagem hidráulica, incluindo as seguintes atividades:

- Levantamento de dados - caracterização física e operacional atual do setor de abastecimento, coleta dos dados cadastrais das redes de distribuição e das unidades operacionais existentes (reservatórios, elevatórias, macromedidores, VRPs e boosters), atualização dos limites do setor de abastecimento, levantamento e análise dos estudos e projetos existentes, levantamento de dados relativos à macromedição e aos índices de perdas totais, levantamento de dados comerciais relativos ao cadastro de consumidores e consumos micromedidos mensais, - avaliação das condições operacionais quanto ao atendimento de demandas e pressões de trabalho das redes, levantamento das obras em andamento, envolvendo redes de distribuição e/ou adução, levantamento e análise dos dados históricos disponíveis quanto às ações implantadas para redução de perdas reais.

- Verificação dos limites do setor de abastecimento e das zonas de pressão, incluindo as DMCs existentes, com verificação da estanqueidade dos registros limítrofes, com mapeamento de pressões estáticas. Atividade realizada, em conjunto com os técnicos da concessionária.

- Levantamento das condições operacionais dos sistemas existentes, bem como entrevistas com os encarregados de manutenção e operação.

- Levantamento das curvas das bombas existentes com medição de vazão, pressão e energia elétrica com equipamentos de medição e registro de dados (datalogger) dos quatro conjuntos motobomba.

- Diagnóstico operacional e levantamentos dos equipamentos existentes do Booster Santa Tereza, com as seguintes características:
  - Dois conjuntos motobomba submersíveis totalizando 40 CV com vazão de 90 m^3/h e pressão de 30 mca;
  - 4 Painéis elétricos, sendo um PCM_E, dois PCM_CF e um PCE.
  - Diagnóstico operacional e levantamentos dos equipamentos existentes do Booster da Paz, com as seguintes características:

- Um conjunto de 15 CV com pressão de 85 mca;
- Um painel elétrico de entrada e controle.

- Levantamento da eficiência dos conjuntos motobomba existentes com utilização de medidores de grandeza elétrica com registro de dados (data logger) por período mínimo de sete dias consecutivos.
- Campanhas de medição de vazão e pressão (períodos de 7 dias consecutivos) através de diversas tecnologias diferentes (eletromagnéticos, pitometria ou ultrassônicos), a depender de cada situação. Sendo complementados com a instalação de dataloggers em pontos estratégicos (ponto máximo, médio, mínimo).
- Estudo técnico do balanço hídrico do setor conforme IWA (International Water Association) através dos dados disponibilizados pela concessionária;
- Simulação hidráulica do setor de abastecimento tendo em vista a:
    - Construção, geoprocessamento, carregamento, calibração e validação do modelo matemático de simulação hidráulica do setor de abastecimento em software WaterCad® para a configuração atual do sistema tanto das redes primárias quanto secundárias, em ambiente georeferenciado, e compatível com softwares livres;
    - Carregamento e calibração do modelo hidráulico com base nas informações cadastrais dos equipamentos e redes, dos perfis de consumo e indicadores operacionais, tanto para a situação atual como futura, fornecidos pela concessionária;
    - Calibração do modelo matemático considerando a totalidade das tubulações existentes, além de todos os equipamentos existentes como válvulas redutoras de pressão, estações elevatórias de água e reservatórios, de forma a contemplar todos os elementos lineares e localizados do sistema relativo ao setor;
    - Calibração do modelo hidráulico em período estendido (24 horas), de acordo com os dados levantados em campo;
    - Elaboração de relatório das atividades com indicação das inconsistências encontradas, contemplando os gráficos de calibração, curvas obtidas através de campanhas de medição;
    - Proposição de alternativa para redução das perdas reais de água através da identificação e priorização de áreas passíveis para implantação de VRPs e/ou DMCs e identificação e priorização das áreas passíveis de implantação de DMCs; consolidação dos resultados obtidos e dos mais relevantes elementos considerados, de forma a permitir uma fácil interpretação dos motivos admitidos para a seleção e respectiva priorização de cada área das proposições.

A tabela a seguir apresenta alguns dados da área de influência do projeto:

Tabela 1:Dados da área de influência

Setor de Abastec.	Zona de Abastec.	Número de Ligações de Água (unid.)	Extensão de Rede de Água (km)	Demanda Média (L/s)	Estimativa de População Atendida para 3,5hab./ligação (hab.)
Embu - Santo Eduardo	Zona única	52.041	256	385,89	182.143

4.1.2. ESTUDO COM CENÁRIOS FUTUROS

Análise do setor através da simulação hidráulica contemplando demandas futuras (crescimento populacional, novos empreendimentos, expansão da área de atendimento da área de estudo, verticalização, entre outros.

Tabela 2: Demanda média fim de plano

Setor de Abastec.	Zona de Abastec.	Demanda Média Inicial (L/s)	Demanda Média Cenário Final de Plano (L/s)
Embu - Santo Eduardo	Zona única	385,89	543,79

4.1.3. ESTUDO DE OTIMIZAÇÃO DE DMC / VRP / BOOSTER EXISTENTES

Para obtenção das economias propostas no contrato, foram realizados diversos estudos para otimização dos DMCs (áreas de boosters ou VRPs) existentes.

- Para a otimização dos boosters existentes, os estudos foram desenvolvidos através de:
  - Estudos técnicos para implantação de redes e reforços para setorização das áreas existentes;
  - Verificação dos limites do DMCs, com verificação da estanqueidade dos registros limítrofes;
  - Proposta de ajustes do limite de abastecimento, com verificação da estanqueidade dos registros de setor;
  - Instalação de armazenador de dados de pressão datalogger com modem e GPRS nas entradas das áreas e nos pontos críticos e intermediários da área;
  - Compatibilização entre setor de abastecimento e setor comercial;
- Para a obtenção da melhor condição operacional possível das VRPs, com a máxima redução de pressão de água na tubulação, os estudos foram desenvolvidos através de:
  - Estudo técnico do balanço hídrico do setor conforme IWA (International Water Association) através dos dados disponibilizados pela concessionária;
  - Verificação dos limites do DMCs, com verificação da estanqueidade dos registros limítrofes;
  - Proposta de ajustes do limite de abastecimento, com verificação da estanqueidade dos registros de setor;
  - Instalação de controladores inteligentes nos conjuntos redutores de pressão;
  - Instalação de armazenador de dados de pressão datalogger com modem e GPRS nas entradas das áreas e nos pontos críticos e intermediários da área;
  - Compatibilização entre setor de abastecimento e setor comercial;

A tabela a seguir apresenta os dados dos setores existentes que foram otimizados:

Tabela 3: Setores Otimizados

Área	Diâmetro Nominal (DN) / Potência (cv) do Equipamento	Número de Ligações de Água (unid.)	Extensão de Rede de Água (km)	Demanda Média (L/s)	Estimativa de População Atendida para 3,5hab./ligação (hab.)
VRP Estrela do Norte	DN 80mm	424	1,1	2,3	1.484
Booster Xavantes	75 cv	5.638	21	45,7	19.733
Booster Caxingui	15 cv	1.834	8,1	16,5	6.419
Booster Embu N	12,5 cv	388	6,7	12,2	1.358
Booster da Paz	20 cv	1.614	5,7	9,7	5.649
TOTAL		28.418	118,3	86,40	99.464

4.1.4. ESTUDO DE OTIMIZAÇÃO DE NOVOS DMCS (VRP / BOOSTERS)

Entende-se como DMC, toda e qualquer área isolada com alimentação determinada e macromedida.

Para a implantação de novas áreas, foi utilizado o diagnóstico nos cenários: atual e futuro, onde foram analisadas áreas com baixa e alta pressão, trechos com alta perda de carga, entre outros.

- Para as novas áreas de boosters foram executadas as seguintes atividades:
  - Complementação dos levantamentos de dados;
  - Delimitação exata do subsetor de interesse para implantação de sistema de medição e controle, com as respectivas indicações das eventuais obras complementares necessárias;
  - Verificação das condições operacionais dos registros internos e limítrofes;
  - Verificação dos limites, com verificação da estanqueidade dos registros limítrofes;
  - Determinação dos pontos críticos e locação de TAPs;
  - Para as novas áreas foram especificados os novos conjuntos moto-bomba, painéis elétricos, sistemas de alimentação e de distribuição elétrica para os boosters;
  - Instalação de armazenador de dados de pressão datalogger com modem e GPRS nas entradas das áreas e nos pontos críticos e intermediários da área;
  - Programação, execução e análise de dados de campanhas medições de vazão e pressão, contemplando instalação e configuração de armazenadores de dados de pressão e/ou vazão com modem e GPRS, com interpretação na condição isolada da efetiva área elencada e análise da viabilidade econômica e técnica.
- Para as novas áreas de VRPs foram executadas as seguintes atividades:
  - Complementação dos levantamentos de dados;
  - Delimitação exata do subsetor de interesse para implantação de sistema de medição e controle, com as respectivas indicações das eventuais obras complementares necessárias;
  - Verificação das condições operacionais dos registros internos e limítrofes;
  - Verificação dos limites, com verificação da estanqueidade dos registros limítrofes;
  - Verificação em campo, das condições do setor e locação das redes principais, com a utilização do locador de tubulação metálica, para definição do ponto de implantação das VRPs;
  - Determinação dos pontos críticos e locação de TAPs;
  - Para as novas áreas foram especificados os diâmetros das válvulas redutoras de pressão, filtros e macromedidores;
  - Instalação de armazenador de dados de pressão datalogger com modem e GPRS nas entradas das áreas e nos pontos críticos e intermediários da área;
  - Programação, execução e análise de dados de campanhas medições de vazão e pressão, contemplando instalação e configuração de armazenadores de dados de pressão e/ou vazão com modem e GPRS, com interpretação na condição isolada da efetiva área elencada e análise da viabilidade econômica e técnica.

Tabela 4: Otimização de setores propostos

Área	Diâmetro Nominal (DN) ou Potência (cv) do Equipamento	Número de Ligações de Água (unid.)	Extensão de Rede de Água (km)	Demanda Média (L/s)	Estimativa de População Atendida para 3,5hab./ligação (hab.)
VRP Rotary	DN 200mm	4.386	18,4	33,3	15.351
VRP São Gonçalo	DN 150mm	789	3,1	3,8	2.762
VRP Triângulo Astral	DN 100mm	1.240	3,5	3,4	4.340
Booster Paranapanema	35 cv	7.645	33	68	26.758
TOTAL		14.060	58	109	49.211

4.1.5. PROJETO EXECUTIVO PARA INSTALAÇÃO DE VRPS

Detalhamentos específicos dos projetos hidráulico e estrutural necessários para a aquisição e implantação dos sistemas de controle de pressão e de eventuais obras complementares necessárias, incluindo a especificação técnica das VRPs condicionadas às características dos respectivos locais de instalação, condições hidráulicas, bem como a elaboração do projeto de telemetria e telecomando – automação. Incluindo todos os serviços topográficos e cadastrais e de levantamento de interferências através de cadastros existentes das concessionárias.

Elaboração dos projetos de fundação e estruturas, elétricos, hidromecânicos, remanejamento de interferências e demais projetos necessários para a perfeita implantação do sistema. Compostos por memoriais descritivos e de cálculo, desenhos e quantitativos.

A tabela a seguir apresenta o quantitativo de projeto executivo das VRPs

Tabela 5: Projetos executivos - VRPs

Área	Diâmetro Nominal (DN) Rede	Diâmetro Nominal (DN) Equipamento
VRP Rotary	DN 300mm	DN 200mm
VRP São Gonçalo	DN 150mm	DN 150mm
VRP Triângulo Astral	DN 150mm	DN 100mm
VRP Estrela do Norte*	DN 100mm	DN 80mm
Total	4	

(*) - Projeto executivo para instalação de macromedidor em VRP existente.

4.1.6. PROJETO EXECUTIVO PARA INSTALAÇÃO DE BOOSTER

Detalhamentos específicos dos projetos hidráulico, mecânica, elétrica e estrutural necessários para a aquisição e implantação dos sistemas de bombeamento e de eventuais obras complementares necessárias, incluindo especificações técnicas condicionadas às características dos respectivos locais de instalação, condições hidráulicas, bem como a elaboração do projeto de telemetria e telecomando – automação. Incluindo todos os serviços topográficos e cadastrais e de levantamento de interferências através de cadastros existentes das concessionárias.

Elaboração dos projetos de fundação e estruturas, elétricos, hidromecânicos, remanejamento de interferências e demais projetos necessários para a perfeita implantação do sistema. Compostos por memoriais descritivos e de cálculo, desenhos e quantitativos.

Os boosters Santa Tereza e o da Paz exigiram reforma e ampliação da sua potência de trabalho, com isso, foi necessário desenvolver os projetos executivos para as novas implantações.

Tabela 6: Projetos executivos - Boosters

Área	Potência total projetada (cv)	Vazão de trabalho (m^3/h)	Pressão de trabalho (mca)
Booster Santa Tereza	150	280	48
Booster São Gabriel	80	285	22
Booster da Paz	20	54	54
Total	3		

4.1.7. PROJETO EXECUTIVO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Conforme normas da concessionária, contemplando todos os recursos, mão-de-obra, materiais e equipamentos necessários para a elaboração de projetos executivos de rede de água, com diâmetro de até 300 mm em Ferro Fundido pelo método de "vala a céu aberto" e de DN 560mm de PEAD pelo método não-destrutivo, compreendendo as seguintes atividades: elaboração de projetos complementares e detalhamentos específicos de interligações, ligações domiciliares, prolongamento e remanejamento de redes que forem necessários. Levantamento de dados, análise de estudos e projetos existentes, levantamento topográfico e cadastral, sondagem, levantamento de interferências, elaboração de memoriais descritivos e de cálculo, de peças gráficas e de especificações técnicas.

As tabelas a seguir apresentam as extensões das redes projetadas por diâmetro e por material.

Tabela 7: Projetos executivos – redes distribuidoras por diâmetro

Projeto executivo de rede de distribuição realizados por diâmetro total de 7,13 km		
DN(mm)	L(m)	Total projetado (m)
32	93	7.136
50	20	
75	102	
80	466	
100	960	
150	2.294	
200	402	
250	1	
300	2.664	
560	134	

Tabela 8: Projetos executivos – redes distribuidoras por material

Projeto executivo de Rede de Distribuição realizados POR MATERIAL - TOTAL DE 7,13 Km		
Material	L(m)	Total projetado (m)
FoFo	6.582	7.136
PEAD	227	
PVC	327	

4.1.8. IMPLANTAÇÃO DE BOOSTER

Para a implantação dos três boosters previstos para o contrato, foram realizados serviços preliminares:

- Demolição de 4,5 m^2 de edificações para construção de sala de painéis no Booster Santa Tereza;
- Demolição de 24,5 m^2 de edificação para interligação entre caixa de válvula existente e nova caixa de proteção dos conjuntos motobombas no Booster Santa Tereza;
- Demolição de 45 m^2 de alvenaria de divisa, no entorno da área do Booster, para realização dos serviços mecânicos e abertura de nosso acesso de veículos;
- Demolição de 6,6 m^2 edificação para interligação entre caixa de proteção existente e nova caixa dos conjuntos motobombas no Booster da Paz;
- Execução civil e elétrica de entrada de energia de 97A, demanda prevista de 31kW e categoria de atendimento C10, com instalação de posto de concreto de 300 da N;
- Terraplanagem de 30 m^2 de terreno;

Após as atividades preliminares, foram realizadas as seguintes atividades:

- Execução de projeto executivo e implantação civil, elétrica, mecânica, hidráulica e instrumentação de um booster para bombeamento de 280 m^3/h, pressão de 48 mca com potência total instalada de 150 CV composta por dois conjuntos moto-bombas;
- Execução de projeto executivo e implantação civil, elétrica, mecânica, hidráulica e instrumentação de um booster para bombeamento de 285 m^3/h, pressão de 22 mca com potência total instalada de 80 CV composta por dois conjuntos moto-bombas;
- Execução de projeto executivo e implantação civil, elétrica, mecânica, hidráulica e instrumentação de um booster para bombeamento de 54 m^3/h, pressão de 54 mca com potência total instalada de 40 CV composta por dois conjuntos moto-bombas;
- Implantação de dois conjuntos moto bomba de 75 cv;
- Implantação de dois conjuntos moto bomba de 40 cv;
- Implantação de dois conjuntos moto bomba de 20 cv;
- Fornecimento e instalação de 15 painéis elétricos com potência total de 250 cv, contemplando:
    - Automação e controle e inversor de frequência
- Fornecimento e instalação de instrumentação para medição de pressão, 8 pontos, vazão, 3 pontos e nível;
- Fornecimento e instalação de sistema de automação para controle local e remoto da operação das bombas e controle da pressão de distribuição através de inversores compreendendo 48 IOS digitais e 48 IOS analógicos;
- Fornecimento e instalação de tubulação, válvulas e conexões para as redes de sucção e recalque com diâmetros de 400mm, 350mm, 300mm, 200mm, 150mm e 80mm;
- Execução de projetos executivos e fluxogramas do sistema de automação;
- Fornecimento e instalação de sistema de automação para controle local e remoto da operação das bombas e controle da pressão de distribuição através de inversores;
- Fornecimento e instalação talha mecânica de 1.000 Kg;
- Fornecimento, instalação e calibração de um macro medidor de 300mm, IP68, com conversor de alimentação 110/220 VAC, sinal de saída 4 a 20 mA + RS 485;
- Fornecimento, instalação e calibração de um macro medidor de 350mm, IP68, com conversor de alimentação 110/220 VAC, sinal de saída 4 a 20 mA + RS 485;
- Fornecimento, instalação e calibração de um macro medidor de 100mm, IP68, com conversor de alimentação 110/220 VAC, sinal de saída 4 a 20 mA + RS 485;
- Escavação de 70 m^3 para execução de caixa de proteção do Boosters;

- Construção de uma caixa de proteção, 10,44m^2, em concreto armado para abrigo de Booster de 75 cv
- Construção de uma caixa de proteção, 10 m^2, em alvenaria estrutural;
- Construção de uma caixa de proteção, 20 m^2, em alvenaria estrutural;
- Construção um de abrigo de painéis, 7m^2, em alvenaria estrutural;
- Construção de dois abrigos de painéis de 6 m^2 cada um;
- Interligação de rede de 450mm em PEAD com 400mm F°F°;
- Interligação de rede de 400mm de F°F° com 350mm F°F°;
- Teste de estanqueidade em todos os conjuntos implantados;

Tabela 9: Boosters implantados

Área	Potência Instalada (cv)
Booster Santa Tereza	150
Booster Paranapanema	80
Booster da Paz	40
Total	270

De forma geral, as instalações contemplam mobilização e desmobilização de equipe e equipamentos, sinalização do local, levantamento de pavimentação, escavação de vala em solo de qualquer natureza, remoção, carga e descarga do material escavado, esgotamentos e escoramento da vala, seccionamento da rede existente, montagem e ancoragem das peças, reaterro compactado com controle e reconstituição do pavimento e carga, transporte e descarga de material a qualquer distância em bota-fora e limpeza do local. Elaboração de base cadastral e amarração padrão da concessionária (compatível com o GIS), da área de influência do DMC, de todas as instalações realizadas.

4.1.9. IMPLANTAÇÃO DE VRP

Para a implantação das três VRPs previstas no contrato, foram realizadas as seguintes atividades:

- Execução de projeto executivo e implantação civil, mecânica, hidráulica;
- Fornecimento e implantação de conjunto de válvula redutora de pressão com piloto para operação manual e adaptadores para instalação de controladores automáticos e armazenadores de pressão, filtro do tipo “Y”, macromedidor eletromagnético carretel, com alimentação à bateria, proteção IP68 e sinal de saída 4 a 20 mA, conexões, acessórios e válvulas gavetas, com diâmetros de 200mm, 150mm e 100mm;
- Fornecimento e implantação de caixa de abrigo em aduela pré-moldada em concreto armado, com tampão de ferro fundido embutido;

Tabela 10: VRPs implantadas (Fornecimento instalação e abrigos)

Área	Diâmetro Nominal (DN) Rede	Diâmetro Nominal (DN) Equipamento
VRP Rotary	DN 300mm	DN 200mm
VRP São Gonçalo	DN 150mm	DN 100mm
VRP Triângulo Astral	DN 150mm	DN 150mm
Total	3	
Fornecimento e instalação de aduelas pré-moldadas		
Dimensão (C x L x H – interno)	Quantidade (unid.)	
2,5m x 1,5m x 2,0m	2	
3,5m x 2,0m x 2,0m	1	
Total	3	

De forma geral, as instalações contemplaram mobilização e desmobilização de equipe e equipamentos, sinalização do local, levantamento de pavimentação, escavação de vala em solo de qualquer natureza, remoção, carga e descarga do material escavado, esgotamentos e escoramento da vala, seccionamento da rede existente, montagem e ancoragem das peças, reaterro compactado com controle e reconstituição do pavimento e carga, transporte e descarga de material a qualquer distância em bota-fora e limpeza do local. Elaboração de base cadastral e amarração padrão da concessionária (compatível com o GIS), da área de influência do DMC, de todas as instalações realizadas.

4.1.10. IMPLANTAÇÃO DA SETORIZAÇÃO

A partir dos estudos desenvolvidos com a modelagem hidráulica, foram validadas as extensões de reforços, substituições e interligações de redes previstas no contrato, bem como projetada a complementação necessária para implantação da setorização prevista. Com isso, foi realizada a implantação de obras complementares necessárias para o isolamento dos subsetores das VRPs, como redes e registros, com objetivo de garantir a operação do sistema sem prejuízos ao abastecimento das áreas de controle e das áreas circunvizinhas, e mantendo-se os padrões de pressão definidos na normalização técnica específica (NBR-12218/94).

No decorrer da execução das atividades de instalação de registros, assentamento e interligações de rede, foram realizados 563 reparos de ramais de água, e 74 reparos em ramais de esgoto.

- Instalação de registro de manobra;

A instalação de registros de manobra viabiliza a estanqueidade das áreas de DMCs (Boosters ou VRPs) implantadas, e das áreas a serem otimizadas.

A instalação contempla mobilização e deslocamento de equipe e equipamentos, sinalização local conforme norma vigente, locação da rede, passadiço para travessia de pedestres e/ou veículos, pesquisa de interferências, escavação em terreno de qualquer natureza (exceto rocha), escoramento para profundidade superior a 1,25m, eventual espera para manobra, seccionamento do tubo, esgotamento com bomba superficial, instalação de válvula conforme especificação técnica da concessionária, colocação do tubo guia DN 200 e caixa de parada, amarração para elaboração de base cadastral, eventual troca de solo, reaterro compactado, carga, transporte a qualquer distância e descarga de material excedente em bota-fora e limpeza do local. Elaboração de base cadastral no padrão da concessionária (compatível com o GIS), de todas as instalações de válvulas realizadas.

- Retrofit nos registros existentes, com as seguintes atividades:
  - Troca dos registros diagnosticados com problemas operacionais;
  - Lacração dos registros com tinta de demarcação viária, do limite de setor de abastecimento, das áreas de VRPs e das áreas de Booster, seguindo o critério de cores adotado pela unidade de negócio da concessionária;

- Descobrimento de registros;
- Construção de blocos de ancoragem em concreto armado, e cravação de perfis metálicos quanto necessário.

Tabela 11: Implantação de registros

DN(mm)	Qtd. (unid.)	Total implantado (unid.)
até 100mm	103	146
de 150 a 250mm	32	
de 300 a 400mm	11	

- Interligação em rede existente.

A execução de interligação contempla mobilização e deslocamento de equipe e equipamentos, locação da rede, sinalização do local conforme norma vigente, pesquisa de interferências, escavação a qualquer profundidade em solo de qualquer natureza (exceto rocha), disposição ao lado da cava sobre encerado, escoramento para profundidade superior a 1,25m, seccionamento do tubo, esgotamento com bomba superficial, cortes e adequações necessárias à instalação e ancoragem das conexões, instalação de tomada de água para cloração de rede, acompanhamento da lavagem e desinfecção e posterior supressão da mesma, envoltório de areia nas conexões assentadas, elaboração de base cadastral no padrão da concessionária (compatível com GIS), eventual troca de solo, reaterro compactado com controle, carga, transporte e descarga do material excedente em bota-fora e limpeza do local. Contemplando as atividades:

- Execução de interligação através de furação de rede em carga:
- Rede existente DN 450mm com tê de redução para DN 150mm;
- Rede existente DN 300mm com tê de redução para DN 150mm;
- Rede existente DN 200mm com tê de redução para DN 150mm;
- Execução de interligação de rede DN 450mm em PEAD, através de solda de eletrofusão;
- Construção de blocos de ancoragem em concreto armado, e cravação de perfis metálicos quando necessário.

Tabela 12: Interligações realizadas

DN(mm)	Qtd. (unid.)	Total implantado (unid.)
até 100mm	57	105
de 150 a 250mm	33	
de 300 a 450mm	15	

- Assentamento de rede (vala a céu aberto).

A execução de assentamento de rede contempla mobilização e deslocamento de equipe e equipamentos, locação conforme projeto executivo e elaboração de base cadastral, sinalização local conforme norma vigente, pesquisa de interferências, tapume contínuo com iluminação de segurança, passadiços de madeira para travessia de pedestres e veículos, escavação de vala em qualquer terreno exceto rocha, disposição do material escavado ao longo da vala, esgotamento com bomba, escoramento necessário para profundida superior a 1,25m, manuseio e transporte dos tubos desde o canteiro de obras até o local, assentamento dos tubos, envoltório em areia, eventual troca de solo, reaterro com controle, carga, transporte a qualquer distância, pagamento de taxa de aterro e descarga de todo o solo/entulho movimentado, limpeza do local e elaboração de base cadastral. Para todas as redes implantadas é elaborado elaboração de base cadastral no padrão concessionária (compatível com GIS).

Tabela 13: Extensão de redes assentadas

DN(mm)	L(m)	Total implantado (m)

até 150mm	4.445	7.287
de 200 a 250mm	91	
de 300 a 400mm	2.751	

Para as reposições de pavimento no contrato foram utilizadas 982 toneladas de massa asfáltica que corresponde aos 7.019m² repostos.

- Teste de estanqueidade de adutora DN 300mm, através da pressurização da rede e geofonamento;
- Readequação de rede DN 300mm, para instalação de hidrante;
- Instalação de descarga em rede de água de DN 300 e 150 mm
- Assentamento de rede Método Não Destrutivo (MND).
    - Realização de levantamento planialtimétrico cadastral com identificação e mapeamento das interferências;
    - Sondagens para verificação de interferências;
    - Detalhamento da metodologia executiva, civil, mecânica e de acabamento;
    - Fornecimento da sinalização de trânsito local, incluindo a montagem, manutenção e remoção;
    - Execução de 134m de Travessias sob a Regis Bittencourt entre os km 277 e 276 em MND, método furo direcional, HDD (Horizontal Directional Drilling) de diâmetro 700 mm;
    - Execução de 11m de poços de visita em MND, método tunel linner, com diâmetro de 2 m;
    - Soldagem termoplástica de 72m de tubo de PEAD 560mm;
    - Soldagem termoplástica de 72m de tubo de PEAD 315 mm;
    - Assentamento de 72m tubulação de PEAD 560mm via método furo direcional, HDD (Horizontal Directional Drilling);
    - Assentamento de 72m de tubulação de PEAD 315mm via método furo direcional, HDD (Horizontal Directional Drilling);

4.1.11. PRÉ-PERAÇÃO DE VRPS E BOOSTERS

Programação, execução e análise dos dados de medições de vazão e pressão, com o sistema estabilizado; balanço hídrico da área; medição de vazão mínima noturna; entrega de "Data Book", contendo os mais relevantes elementos relacionados à implantação e manutenção de cada sistema, compreendendo:

- Programação dos serviços e análise de dados das medições de vazão e pressão, com o sistema em regulagem;
- Realização de regulagem gradativa do sistema instalado, através do monitoramento das pressões nos pontos críticos;
- Programação dos serviços e análise de dados das medições de vazão e pressão, com o sistema estabilizado;
- Análise da influência sobre áreas limítrofes afetadas pelo isolamento da área da VRP;
- Compatibilização entre o setor de abastecimento e comercial;
- Teste de pressão zero para verificação da estanqueidade da área com monitoramento dos pontos crítico e baixo;
- Fornecimento e instalação de controlador inteligente de VRP – tipo contínuo com datalogger e modem integrados providos de tecnologia GPRS, com inclusão do monitoramento no sistema corporativo da concessionária, com os respectivos parâmetros do controlador e armazenador de dados formatados e calibrados, permitindo a plena operação e monitoramento do sistema;

- Fornecimento e instalação de dataloggers providos de tecnologia GPRS para entrada os pontos críticos das VRPs e boosters, e para as entradas dos boosters, com inclusão do monitoramento no sistema corporativo da concessionária;
- Instalação de antena para telemetria e telecomando;
- Programação e monitoramento de telemetria e telecomando – automação para recebimento de dados automatizados em software compatível da concessionária;
- Entrega do "Data Book", contendo: histórico, comparativo entre dados de projeto e dados reais obtidos após obras, "as-built" e amarração das instalações, elaboração de base cadastral das áreas de influência de VRPs e de TAPs, registros limítrofes, rotinas, procedimentos de manutenção e volumes recuperados. Análise das vazões mínimas, regulagem do sistema, análise das variações das mínimas vazões noturnas, nova regulagem do sistema e demais atividades relevantes relacionadas à implantação e manutenção de cada sistema.

Tabela 14: VRPs e Boosters pré operados

VRP pré-operada	DN REDE (mm)	DN EQUIP. (mm)
VRP Estrela do Norte	100	80
VRP São Gonçalo	150	100
VRP Triângulo Astral	150	150
VRP Rotary	300	200
VRP Ilha do Governador	300	250
VRP Lapa	300	250
VRP Paquetá	450	400
Qtd. Sub-total	7	
Booster pré-operado	Potência total instalada (cv)	
Booster Santa Tereza	150	
Booster Paranapanema	80	
Booster da Paz	40	
Qtd. Sub-total	3	
Total	10	

4.2. APOIO TÉCNICO

Atividades de suporte para a engenharia e obras como campanhas de medição de vazão e pressão, comunicação a população sobre as obras conforme cronograma de execução.

4.2.1. MEDIÇÕES DE VAZÃO E/OU PRESSÃO.

Todos os serviços de medição de vazões e pressões (por períodos de 7 dias consecutivos) e todas as detecções, descobrimentos, nivelamentos de registros e identificação visual (pinturas das Tampas) requeridos para a perfeita e suficiente formação de base de dados, com o objetivo de subsidiar adequadamente os serviços de engenharia requeridos pelos sistemas.

As medições de vazão foram realizadas utilizando-se de diversos equipamentos de tecnologias diferentes (eletromagnético, pitometria ou ultrassônicos), dependendo de cada situação, em redes de DN 100 a 800mm.

Tabela 15: Serviços de apoio técnico

Descrição	Qtd.
Medição de Vazão e Pressão em Redes de Água (período de 7 dias)	192
Medição de Pressão em Redes de Água (período de 7 dias)	64
Total	

4.2.2. AÇÕES SOCIAIS

- Ação de comunicação externa: contato com moradores para informações e esclarecimentos quanto a realização de obras na vizinhança e aviso sobre o início de obras de acordo com cronograma de execução.

- Gestão de reclamações: identificação, atendimento ao reclamante, acompanhamento da solução e resposta final ao morador.

4.3. SERVIÇOS DE CAMPO

Realização de todos os serviços necessários para o isolamento do subsetor da VRP ou do Booster, garantindo-se a operação do sistema sem prejuízos ao abastecimento da área de controle e das áreas circunvizinhas, e mantendo-se os padrões de pressão definidos na normalização técnica NBR-12218/94.

- Detecção, descobrimento e nivelamento de registro.

Detecção, descobrimento e nivelamento de registro de parada contempla mobilização e deslocamento de equipe e equipamentos, detecção de sua exata posição através de prospecção eletromagnética, sinalização local conforme norma vigente, levantamento de pavimentação, escavação manual até profundidade necessária ao descobrimento do registro e depósito lateral à cava sobre encerado, assentamento de tubo cerâmico DN 200mm, eventual troca de solo, reaterro compactado, eventual reposição e colocação de tampa padrão da concessionária, fundida em base de concreto de 30x30x10cm, conforme Manual de Especificação Técnica, carga, transporte a qualquer distância, descarga do material excedente em bota-fora, limpeza do local e elaboração de base cadastral no padrão da concessionária (compatível com GIS).

Tabela 16: Descobrimento e Nivelamento de Registros

Especificação de serviço	Unidade	Quantidade
Deteccao, descobrimento e nivelamento de registro de parada -c/repos do pav	unidade	39

- Sondagens de redes e peças e instalação de tap.

Sondagem de rede e peças localizadas (cavas) com pavimentação para localização de redes e/ou interferências, determinando a profundidade e amarração de rede e peças, registros, ventosas, hidrantes subterrâneos, gerando insumos para projetos e auxílio na execução das obras. Contempla levantamento de qualquer tipo de pavimentação, escavação vertical a qualquer profundidade, manual ou com equipamentos, remoção do material excedente e reposição de pavimentação e serviços de amarração por triangulação. Incluindo fornecimento de equipamentos, transporte, acessórios para peças e reparos e manutenção.

Tabela 17: Sondagens Realizadas

Especificação de Serviço	Unidade	Quantidade
Sondagem de redes e peças localizadas (cavas) com pavimentação	unidade	246

- Pesquisa de vazamentos e identificação de irregularidades.

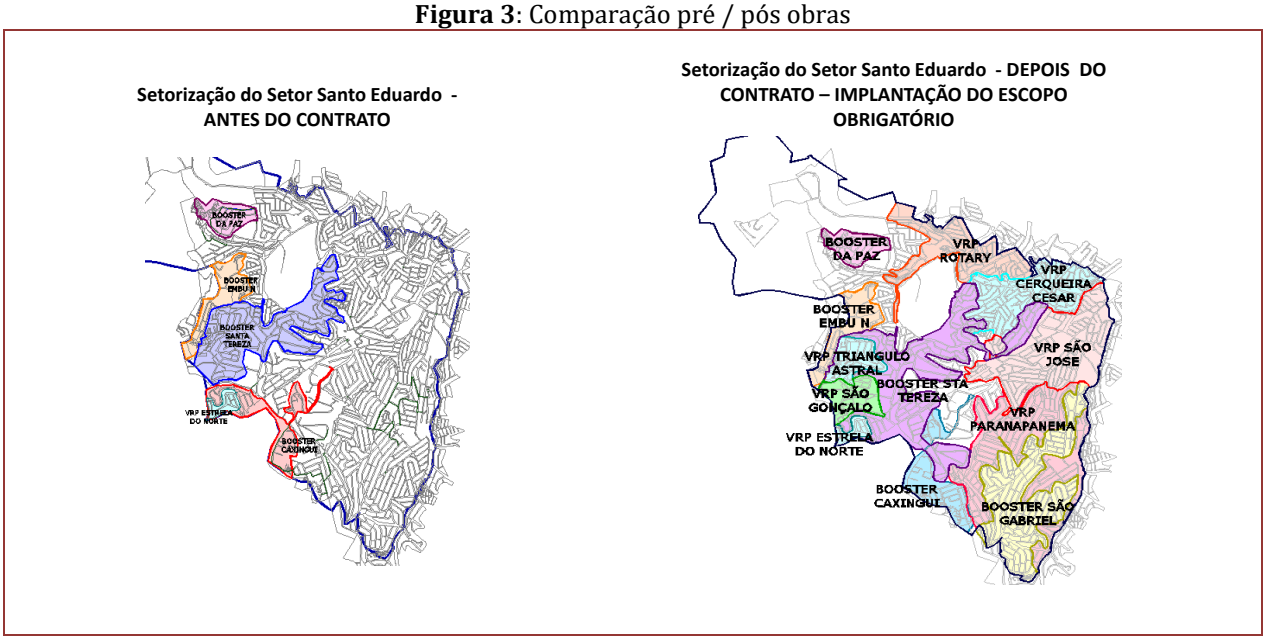
Foram realizados no âmbito do referido contrato os serviços de: pesquisa acústica de vazamentos não visíveis com a utilização dos preceitos e metodologia preconizados pelo Procedimento ABENDI PR-051, e ABNT NBR 15.404 e apontamentos de ligações com suspeita de irregularidades identificada durante as atividades de pesquisa.

Foram executados serviços de detecção de vazamentos não-visíveis, onde foi percorrido o setor pelo menos 2 vezes, totalizando 523 km de redes de água pesquisadas, sendo realizados os seguintes serviços, conforme procedimento ABENDI:

- 3 km pesquisa de vazamento em rede foi realizado em uma adutora DN 800mm;
- Reconhecimento da área de execução de pesquisa de vazamento;
- Seleção da área de pesquisa e elaboração das plantas de apoio para a pesquisa;
- Medições de pressão que serviram de orientação para planejamento dos serviços;
- Auscultação dos cavaletes, hidrantes, válvulas e outros pontos acessíveis, com a utilização de haste de escuta mecânica;
- Pesquisa de rede primária de distribuição, da rede secundária e ramais, nos pontos suspeitos, com a utilização do geofone eletrônico;
- Locação da tubulação, onde necessário;
- Execução de correlação, utilizando datalogger de ruídos de vazamento com função de correlação, para definição dos pontos suspeitos;
- Identificação do local de vazamento através da elaboração de relatório especifico;
- Relatório gerenciais, com croquis e fotografias das atividades desenvolvidas;

A figura a seguir apresenta as características da área de projeto antes e após as obras de melhoria:

Figura 3: Comparação pré / pós obras



5. FASE 2 – APURAÇÃO DOS RESUTADOS (OPERAÇÃO ASSISTIDA). REMUNERAÇÃO VARIÁVEL

A Apuração do desempenho, consistiu na operação assistida do sistema teve o objetivo de qualificar e quantificar a economia projetada após a implementação total do escopo mínimo apresentado.

Contempla o monitoramento da operação do sistema e a análise de todos os resultados gerados por cada ação implementada e um possível ajuste de toda a operação visando uma maior economia e a validação de cada atividade prevista no contrato.

O Contrato foi baseado em performance, no processo licitatório onde foi aplicada a Lei nº 8.666 de 21 de Junho de 1993, ou seja, a remuneração da Contratada teve como base a economia gerada após a implantação do projeto, onde o mínimo esperado pela concessionária na fase licitatória era de 62.437 m^3/mês.

Tabela 18: Dados da área sob influência da Operação Assistida

Setor de Abastec.	Zona de Abastec.	Número de Ligações de Água (unid.)	Extensão de Rede de Água (km)	Demanda Média (L/s)	Estimativa de População Atendida para 3,5hab./ligação (hab.)
Embu - Santo Eduardo	Zona única	52.041	256	385,89	182.143

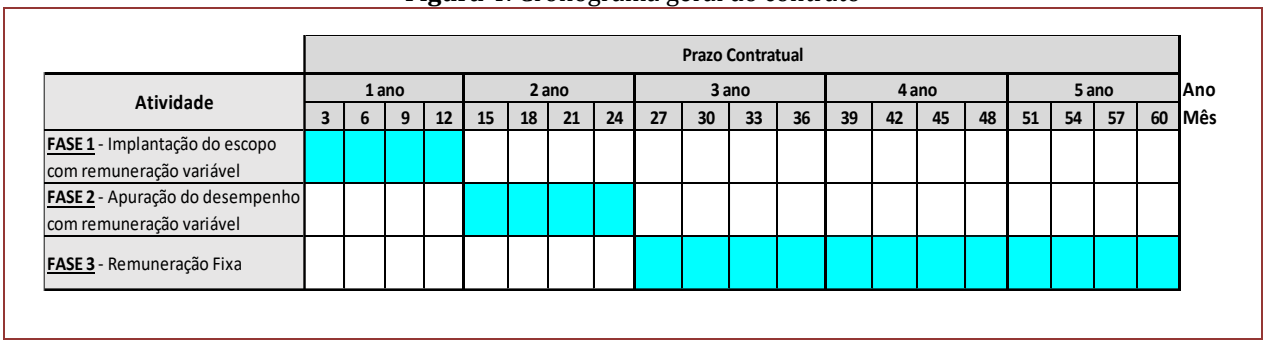
6. FASE 3 – REMUNERAÇÃO FIXA

Nesta fase não é permitido a realização de obras adicionais. Todas as atividades em andamento foram encerradas. A contratada recebeu uma remuneração fixa calculada com base na média dos meses da fase anterior que reduziu em 18,02% de volume perdido, representando 128,71% da meta contratada.

7. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO

O Contrato teve a duração total de 5 anos (60 meses). As atividades contempladas dentro de cada fase respeitou o limite de prazo. A figura a seguir apresenta o cronograma geral do contrato com a indicação das 3 fases, o prazo de execução e a relação condicional entre elas, finalizar uma fase, para iniciar a fase seguinte.

Figura 4: Cronograma geral do contrato



8. RESULTADOS OBTIDOS

O contrato ainda está vigente. A contratada recebe uma remuneração fixa calculada com base na média dos 12 meses da fase anterior que reduziu em 18,02% de volume perdido, representando 128,71% da meta contratada.

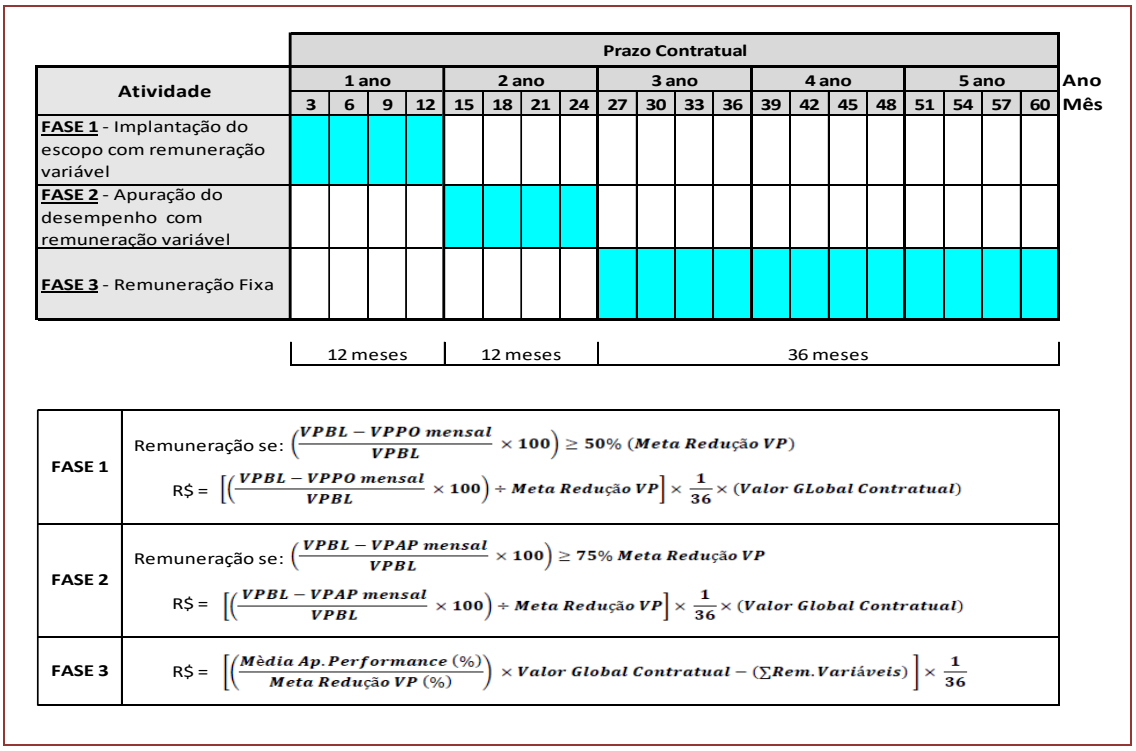
Redução indireta de despesas com custos energéticos, custos de produção, além de melhoria do abastecimento populacional em um patamar de pressões mais reduzido, controlado e efetivo.

9. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O resultado representou um percentual de 128,71 % da meta contratual estabelecida. Para a concessionária, isso representou uma economia mensal de 80.365,33 m^3/mês ou aproximadamente 964.390,00 m^3/ano, volume suficiente para o abastecimento do setor de estudo por 1 mês.

Como a remuneração máxima está limitada a 120 % da meta contratual, a remuneração máxima possível foi obtida. A figura a seguir apresenta em termos percentuais as metas mínimas e máximas, o resultado atingido e os resultados possíveis.

Figura 5: Remuneração contratual



10. CONCLUSÕES

A contratação através de performance (Preço Fixo mais Remuneração de Incentivo – PFRI) pode apresentar resultados notáveis, traz um novo paradigma para as parcerias entre o público e o privado, proporcionando um engajamento comum em torno de resultados esperados, mudando as relações contratuais, antes focadas meramente em conclusão de escopos pelo privado e fiscalização do público (Preço Fixo).

Nesta ótica, o estudo de engenharia para potencializar os resultados é fundamental. Na prática, esta modalidade de contratação representa a integração das obras com estudos de engenharia, não limitando-se a execução serviços por empreitada, com foco em obras, tão pouco a execução de serviços de projetos que demandam inúmeras atualizações antes da implantação.

Apresenta-se como uma opção factível, alternativa e vantajosa frente às contratações "*Turn Key*", pois o incentivo mútuo (contratada-contratante) potencializa a otimização dos resultados dentro do propósito do projeto.

REFERÊNCIAS

[1] ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Catálogo brasileiro de engenharia sanitária - CABES XVIII guia do saneamento ambiental do Brasil: 1993-96. Rio de Janeiro; 1998.

[2] NETTO AZEVEDO, J.M. Cronologia do abastecimento de água (até 1970) - Revista DAE, vol 44, n 137, pp 106-111, São Paulo,junho, 1984

[3] PMBOK® GUIA 7ª Edição. Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos.

[4] SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo; pregão Sabesp on-line ML edital 27.942/16

[5] TSUTIYA TOMOYUKI. M. Abastecimento de Água.

Capítulo 13

Recuperação secundária de petróleo por injeção de água produzida

Rafaela de Jesus Itaparica

Resumo: O petróleo é a fonte de energia mais procurada e desejada em todo o mundo, porém em sua produção e em grande maioria dos poços, boa parte do volume produzido é de água, o que resulta em um grande desafio para as empresas petrolíferas. Assim sendo, o presente estudo teve como meta oferecer uma ótima solução para o destino da água produzida: reinjetar em poços como forma de manter a produtividade em alta e evitar danos ao meio ambiente com o seu descarte. A água produzida é um subproduto altamente degradante e tóxico que possui em sua composição agentes que contribuem para o processo de corrosão e incrustação, como: sais inorgânicos, compostos orgânicos, hidrocarbonetos, sulfatos e demais produtos químicos adicionados durante o processo de produção e injeção de água (biocidas, inibidores de corrosão, inibidores de incrustação, desemulsificante, ...). Deste modo o artigo aponta os parâmetros de qualidade da água produzida exigidos para utilização em reinjeção de poços com a finalidade da recuperação secundária de petróleo. Para pesquisa foram utilizados artigos e trabalhos sobre o tema e questionamentos a profissionais que atuam na área no intuito de mostrar a importância e os avanços conquistados na questão da gestão e injeção da água produzida, como também apresentar dados importantes sobre a eficiência do método. A injeção de água como método de recuperação de petróleo vem sendo muito utilizada em poços por todo o mundo e a sua eficiência em recuperar uma percentagem de óleo no qual fica retido no reservatório é o principal motivo pela sua escolha. Em virtude dos fatos mencionados foi possível concluir que a gestão da água na indústria petrolífera é um setor muito importante e valorizado, pois a injeção da mesma em reservatório garante melhor recuperação do petróleo.

Palavras-chave: água produzida, recuperação secundária, reinjeção, gestão da água.

1. INTRODUÇÃO

É muito comum durante a produção de petróleo uma certa percentagem de água produzida junto, gerando alguns obstáculos para as empresas produtoras. Em muitos dos casos, a produção dessa água traz alguns benefícios e chega a ser muito lucrativo. Nesses casos, quando um grande volume de água é produzido, pode-se reinjetá-la nos poços para poder restaurar a pressão que ao longo do tempo foi perdida ou pode-se reinjetá-la desde o início da produção do poço a fim de que não se tenha uma despressurização prematura. De acordo com Pessoa (2009) estima-se que a injeção de água aumente a recuperação do óleo da jazida de 15 a 20%, pois além de manter a pressão do poço mais estável a força de injeção de água consegue arrastar parte do óleo que ficaria retido nos poros rochosos.

Assim sendo, este referente artigo procura mostrar como é interessante e rentável a utilização da água produzida, que aparentemente não tem nenhum valor econômico, para alavancar a produção de um poço maduro ou de um poço de baixa pressão. Dessa forma, é de extrema importância avaliar a qualidade e as características da água produzida e do reservatório, para se ter uma noção de quais tratamentos serão necessários antes da sua reinjeção nos reservatórios.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do artigo foi realizado todo um levantamento de material bibliográfico e análise dos mesmos. Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica, no acervo da Petrobras, Petroreconcavo, internet, e foram encontrados artigos científicos, monografias, dissertações, livros e teses a respeito do tema. Além de levantamento bibliográfico, foi levado em consideração opiniões e atualizações de discussões com profissionais que estão na área de processamento de petróleo e água.

O material escolhido e os dados levantados foram analisados e preparados em uma revisão simplificada da técnica de reinjeção e reaproveitamento da água produzida, levando em conta possíveis tratamentos de condicionamento. No intuito de evidenciar as vantagens do uso do método de recuperação secundária em poços de petróleo, com a reutilização deste subproduto do petróleo, a água produzida.

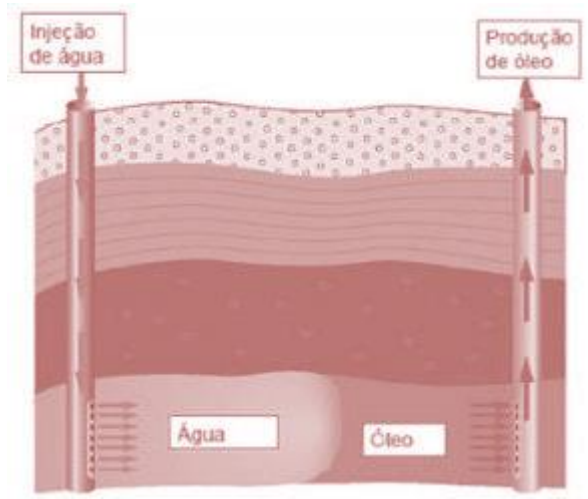
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para produção de petróleo é necessário que haja certa pressão nos fluidos que consiga vencer a resistência imposta pelas tortuosidades e estrangulamentos dos canais porosos da rocha (PESSOA, 2009). Portanto quando a pressão não ocorre de forma natural é necessário o emprego de métodos que ajudem na elevação do fluido.

O próprio reservatório já possui uma pressão inicial decorrente dos milhões de anos de fenômenos geológicos que deram origem aos hidrocarbonetos (recuperação primária). Essa pressão primária vai se dissipando ao longo da produção, o gás que antes era misturado no óleo passa a ser produzido, havendo então uma descompressão e aumento da resistência viscosa dos fluídos, chegando a um certo ponto em que a energia resultante já não é o suficiente para uma produção satisfatória. Caso a jazida ainda contenha um volume considerável de petróleo retido são necessárias e principalmente viáveis algumas técnicas para manutenção da pressão e aumento do fator recuperação para um melhor aproveitamento do poço.

A técnica de injeção de água não só mantém a pressão no reservatório como também aumenta a pressão no interior dos poros e conseqüentemente ajuda no arraste do óleo na rocha, deslocando o petróleo do sentido do poço injetor para o poço produtor. A figura abaixo ilustra o deslocamento do petróleo proporcionado pela água.

Figura 1. Arraste do óleo pela injeção de água



Fonte: Lima, 2016.

Os fatores que afetam a manutenção das cotas de injeção são a eficiência operacional de injeção e a perda de injetividade dos poços. A eficiência operacional é afetada pela eficiência das bombas injetoras, pela troca de filtros e pela manutenção de equipamentos, entre outros fatores. A perda de injetividade pode-se dar em decorrência da geometria dos poços, de fatores de reservatório (razões de mobilidade, compressibilidades) e também por dano à formação, este último relacionado à migração de finos no meio poroso, ao entupimento das gargantas dos poros por partículas sólidas e por precipitação de sais (ROSA ET AL., 2006). Isso deverá exigir uma elevação da pressão de injeção para que a cota seja atendida. Em alguns casos, poderá haver fraturamento da formação por aumento da pressão de injeção, o que permite obter a cota desejada, ou até mesmo elevá-la (PESSOA, 2009).

Existem equipamentos específicos que atendem à demanda de pressão dos poços para reinjeção da água produzida, e um desses equipamentos é a HPS – Horizontal Pumps System. Trata-se de uma bomba centrífuga, multiestágios, com alta pressão, características de alta vazão e funciona com um motor elétrico, permitindo a transferência de fluidos, através de tubos de aço, que aumentam a pressão interna dos reservatórios e elevam os hidrocarbonetos à superfície (SILVA FILHO, 2013). A bomba HPS é demonstrada na figura abaixo:

Figura 2. HPS – Horizontal Pumps System

Fonte: Canadian Advanced ESP Inc. (CAESP).

As bombas de injeção são utilizadas para comprimir o fluido a ser injetado, e conseqüentemente, colocar pressão suficiente no sistema para que a injeção no reservatório seja efetivada. A pressão dependerá das características do reservatório e do índice de injetividade do reservatório (SILVA FILHO, 2013).

De acordo com Teixeira (2012), inúmeras estratégias para manutenção de reservatório são utilizadas, porém a injeção de água em poços como método de recuperação é um dos mais comuns na indústria de petróleo, sua grande eficiência é a razão pelo qual é o mais escolhido. Os principais motivos para a ampla

utilização deste método de recuperação são: fácil disponibilidade da água, viável economicamente e muito mais em conta que outros métodos, facilidade operacional deste tipo de injeção, altos índices e eficiência em recuperação de óleo e o fato de a operação já ser bastante conhecida contribui na agilidade e manutenção da produção.

De acordo com Valença (2016) um exemplo do resultado da injeção de água pode ser visto no gráfico 1, onde retrata um gráfico das vazões de injeção de água e produção de óleo em função do tempo de produção no Campo de Carmópolis. Nota-se o pico máximo da produção de óleo e um posterior declínio natural da produção. Até 1994, a relação de injeção e produção caminhava em proporção, todavia, à medida que a campo foi amadurecendo, uma quantidade maior de água passou a ser injetada, conseqüentemente, produzida e certa parte do óleo ainda se retém no reservatório, causando um desequilíbrio da produção. A partir dos anos 2000 promoveu-se a otimização dos sistemas de injeção, onde se observa no gráfico a ascensão da linha de produção de óleo. Portanto é possível observar como a injeção de água influencia na curva da produção de óleo.

Gráfico 1. Relação do volume de óleo produzido e a vazão de água injetada em função do tempo

Fonte: ALMEIDA, 2004.

Ainda com relação à alta eficiência deste método de recuperação suplementar, o gráfico 2 ilustra a resposta da produção de óleo, frente à injeção de água, de um determinado reservatório produtor na Formação Açu (Bacia Potiguar) – a curva da produção de óleo é fortemente influenciada pelo volume de água injetado neste reservatório (PREDA, 2008).

Gráfico 2. Histórico de produção de óleo (Qom) e de injeção de água (Qwin).Valores em m3/d

Fonte: Preda, 2008.

Para Thomas (2001) os processos de injeção de água, de uma maneira geral, devem conter os seguintes sistemas: sistema de captação de água, que neste caso podem ser de poços, quando utilizada a injeção de água subterrânea, ou para o caso de se utilizar água de rios ou do mar; conjunto de bombas; sistemas de tratamento da água de injeção e sistemas de injeção de água propriamente dito. Porém, em alguns casos específicos não é necessário a existência de todos esses sistemas (JÚNIOR, 2016).

Segundo Silva (2000) a água destinada à injeção pode ter variada composição. Pode-se utilizar a água do mar, a própria água Produzida com exclusivamente perfurados para atender a demanda exigida pelo processo, essa última opção é muito comum em poços onshore. É muito comum em poços offshore, onde muitos dos poços utilizam injeção de água, a reinjeção da água produzida, como também a mistura da água produzida com a água do mar para manutenção dos poços, pois nem sempre a água produzida é o suficiente, e a água do mar por se encontrar em abundância e fácil disposição é muito utilizada. Já em campos onshore é muito comum a injeção de água produzida exclusiva da formação. Importante salientar que a água, antes de ser utilizada ou reutilizada no processo de injeção, deve ser submetida a um tratamento específico, para que possa está adequada ao reservatório e aos fluídos nele existentes.

Furtado (2007) cita que além do teor de sólidos em suspensão (TSS) e do teor de óleo e graxa (TOG) são monitorados outros quesitos para reinjeção da água produzida, dos quais alguns até contribuindo para TSS, como: teores de O2 e CO2 (controle dos processos de corrosão e incrustação), teores de ácidos orgânicos (controle do souring e incrustações por carbonato de cálcio), teores de sulfatos (controle de incrustação, corrosão e acidificação do reservatório), a concentração de bactérias (controle da corrosão e incrustação por carbonato de cálcio). As diversidades dos fenômenos envolvidos e as características individuais de cada reservatório fazem com que não exista uma regra única que se possa usar para a definição dos valores ótimos de TSS e TOG.

Figura 3. Corrosão em equipamento

Figura 4. Incrustação em equipamento. Laboratório de Corrosão e Proteção do IPT

Fonte: CENPES/Petrobras.

Para chegar ao ponto em que a água está qualificada para ser injetada no poço é necessário uma série de tratamentos durante sua passagem pela planta de processamento. A planta de processamento primário tem a finalidade de separar o gás, o petróleo, a água e outras impurezas tornando o óleo adequado para ser transferido à refinaria e a água produzida transferida para o seu devido tratamento, a fim de ser reintegrada ao processo operacional, em condições satisfatórias de ser reinjetada nos poços para extração de petróleo. Portanto ao chegar à superfície a primeira etapa é a separação das correntes de fluidos, que é feita no separador gravitacional. Geralmente, após a água sair bruta dos separadores e tratadores é enviada para um vaso desgaseificador, onde será retirado da água traços de gás ainda presentes.

Após passar pelo separador, a água já separada ainda precisa passar por uma série de tratamentos para se adequar à reinjeção. Na elaboração de um projeto de injeção de água são necessárias informações referentes à caracterização da água bruta, à caracterização da água da formação e à previsão do comportamento do reservatório. Após a definição do projeto, inicia- se a operação da planta de injeção, com o controle de diversos parâmetros previamente definidos durante a fase de projeto (SILVA FILHO,

2013).

Os equipamentos mais utilizados em plantas de tratamento de água produzida para retirada de gás, óleo e sólidos ainda presentes são: hidrociclones e flotadores, para retirar o óleo emulsionado na água; filtros, para retirar partículas sólidas suspensas; Osmose reversa e nanofiltração, para remoção do sulfato, muito utilizado em plataformas offshore que utilizam água do mar, no qual possui altos teores de sulfato.

Além dos tratamentos físicos existem os tratamentos químicos, que também ajudam na qualificação da água, são eles: sequestradores de Oxigênio (remoção do oxigênio dissolvido); biocidas (remoção dos micro-organismos); inibidores de Corrosão e inibidores de Incrustações.

4. CONCLUSÕES

O artigo permitiu compreender a importância da recuperação secundária através da injeção de água produzida como forma de manter a pressão do reservatório estável por mais tempo, garantindo maior produtividade do reservatório. Permitiu observar também exemplos de jazidas que utilizam a pressão gerada pela água e de como essa força influencia na produção do petróleo. Outro problema bastante relevante e abordado no artigo é a qualificação e os tratamentos de purificação mais adotados nos setores de processamento da água, pois como foi abordado no artigo, o tratamento do efluente de injeção é de extrema importância, pois evita a intensificação de diversos problemas como, incrustações, corrosões e souring no reservatório.

Portanto a utilização de padrões de qualidade e o uso dos devidos tratamentos são parte do processo como forma de manter o método de recuperação em alto nível.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, A. S., 2004. "Recuperação Secundária em Campos de Produção de Petróleo". Recursos Energéticos do Brasil: Petróleo, Gás, Urânio e Carvão. Rio de Janeiro, Brasil, 30 de Setembro.

[2] CANADIAN ADVANCED ESP Inc. (CAESP). Disponível em:< http://www.cai-esp.com/ >. Acesso em 11 de setembro.

[3] CENPES/Petrobras. Disponível em:< http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/tecnologia-e-inovacao/ >.

[4] FURTADO, C. J. A. Gerenciamento da reinjeção de água produzida. Rio de Janeiro: PETROBRÁS. CENPES. PDP. TRA, 2007. 71p. Relatório interno (RT 020/2007).

[5] JÚNIOR, G. A. G., 2016. Estudo da injeção de água e gás em um reservatório com características do pré-sal brasileiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em:< https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/21230/1/GilmarAlexandreGuedesJunior_D ISSERT.pdf >. Acesso em: 11 de setembro de 2017.

[6] LABORATÓRIO DE CORROSÃO E PROTEÇÃO DO IPT. Disponível em:< http://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CTMM/laboratorios_e_sessoes/23- laboratorio_de_corrosao_e_protecao lcp.htm >. Acesso em:

[7] LIMA, A. M., 2016. Métodos de recuperação secundária convencionais. Disponível em:< https://pt.linkedin.com/pulse/m%C3%A9todos-de-recupera%C3%A7%C3%A3o-secund%C3%A1ria-convencionais-adriano-max-lima >. Acesso em: 12 de setembro de 2017.

[8] PREDA W. N., 2008. Características gerais dos projetos de injeção de água nos reservatórios produtores de petróleo da formação Açu na Bacia Potiguar. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal (RN).

[9] PESSOA, E.K.R.,2009. Água produzida utilizada na reinjeção de poços na recuperação secundária de petróleo- Uma discussão sobre os parâmetros de qualidade após o tratamento. Monografia de Graduação (Engenharia civil). Feira de Santana: UEFS, 2009. Disponível em:< http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/EDWARDO%20KENNEDY%20RAMOS%20PESSOA.pd f>. Acesso em: 12 de setembro de 2017.

[10] ROSA, Adalberto José; CARVALHO, Renato de Souza; XAVIER, José Augusto Daniel. 2006. Engenharia de Reservatórios de Petróleo. 1.ed. Rio de Janeiro, 2006. 832p.

[11] SILVA, C. R.R. 2000; Água Produzida na Extração de Petróleo. Monografia. Escola politécnica Departamento Hidráulica e Saneamento, UFBA, Salvador/BA. 13 jul. 2000. Disponível em:<

http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/monografias/mono_remi_r_silva.pdf >. Acesso em 25 de novembro de 2017.

[12] SILVA FILHO, D. I. 2013; Processo da reinjeção da água produzida na recuperação secundária dos poços de petróleo de Catu/Ba, para reduzir os riscos ambientais. Monografia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Medianeira/PR. 2013. Disponível em:< http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4518/1/MD_GAMUNI_2014_2_32.pdf >. Acesso em 17 de janeiro de 2018.

[13] TEIXEIRA B., 2012. Recuperação avançada - Tecnologias aumentam produção e vida útil dos campos maduros. Disponível em:< https://www.petroleoenergia.com.br/recuperacao-avancada-tecnologias- aumentam-producao-e-vida-util-dos-campos-maduros/4/>. Acesso em: 17 de janeiro de 2018.

[14] THOMAS, J.E., 2001, Fundamentos de engenharia de petróleo. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 2001.

[15] VALENÇA C., (2016). Estudo dos métodos de recuperação - campo de Carmópolis. Monografia, curso de Engenharia de Petróleo, Universidade Tiradentes (UNIT), ARACAJU/SE 2016. Disponível em:< http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhLc4AJ/estudo-dos-metodos-recuperacao-campo- carmopolis-2016 >. Acesso em 22 de janeiro de 2018.

Capítulo 14

Avaliação dos riscos ocupacionais na operação e manutenção de estação de tratamento de esgoto em condomínio residencial: Um estudo de caso

Rafael de Freitas Oliveira
Marcelo Oliveira Caetano
Luciana Paulo Gomes

Resumo: As estações de tratamento de esgotos domésticos presentes em condomínios residenciais apresentam riscos ocupacionais associados à sua operação e manutenção, necessitando, portanto, que os trabalhadores, síndicos e administração do local estejam cientes de sua existência a fim desenvolver suas atividades com segurança. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo identificar os riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes a que os trabalhadores estão sujeitos, analisando as medidas adotadas e sugerindo medidas de segurança adequadas, quando necessário, bem como a classificação do risco quanto à presença de insalubridade. O desenvolvimento do trabalho teve como base um estudo de caso de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) de um condomínio residencial na cidade de São Leopoldo/RS. Foram realizadas visitas técnicas para registros, mapeamento do processo de funcionamento do sistema e levantamento de dados. Foi realizada entrevista com o síndico, responsável pela administração do condomínio e com os trabalhadores responsáveis pelas operações e manutenções diárias da ETE. Os riscos biológicos, ergonômicos e de acidente foram determinados de maneira qualitativa. Os riscos físicos, químicos e os níveis de iluminação foram determinados de maneira quantitativa. Foi verificada a existência de riscos biológicos, ergonômicos e de acidentes em todos os setores nos quais os trabalhadores estão expostos nas diferentes etapas do processo de tratamento do efluente. No setor de casa de máquinas e operação, há também a presença de riscos físicos. Assim, recomenda-se a adição de equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados e seguros, a elaboração de um plano de prevenção contra incêndios, instalação de um sistema de ventilação e exaustão na casa de máquinas e um projeto de sinalizações e isolamentos de áreas.

Palavras-chave: Riscos ocupacionais. ETE. Segurança do trabalho. Normas regulamentadores. Higiene ocupacional.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente há uma grande preocupação quanto ao grau de tratamento e a destinação final dos esgotos devido sua consequência ao meio ambiente e à qualidade dos corpos hídricos receptores. Tal aspecto faz com que o tema chame a atenção não apenas de engenheiros, especialistas e técnicos, mas igualmente das organizações ambientalistas e comunitárias, e da sociedade (JORDÃO; PESSÔA, 2017).

A Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico, reforça o fato da importante discussão sobre o saneamento no Brasil. O principal objetivo desta legislação é universalizar e qualificar a prestação dos serviços no setor a fim de alcançar que, até 2033, 99% da população brasileira tenha acesso à água potável e 90% ao tratamento e coleta de esgoto (BRASIL, 2020).

Neste aspecto, as estações de tratamento de esgoto (ETEs) possuem um papel fundamental na busca pela universalização do saneamento. As ETEs têm por objetivo promover a redução dos impactos decorrentes do lançamento de substâncias tóxicas nos corpos receptores a fim de reduzir os danos ao meio ambiente e à saúde humana. No Brasil, as ETEs são usualmente projetadas em nível secundário, compreendendo mecanismos de tratamento biológicos responsáveis pela remoção da matéria orgânica dissolvida na água. Em situações que ocorrem tratamentos em nível terciário, esses normalmente são concebidos para a remoção de nitrogênio e microrganismos patogênicos (SOUZA et al., 2019).

As ETEs podem ser entendidas como uma indústria onde seu papel é transformar o esgoto bruto (matéria prima) em esgoto tratado (produto final) (SPERLING, 2016). Portanto, nesta crescente preocupação com o grau de tratamento e a destinação final dos esgotos, há um número maior de profissionais envolvidos nos processos de operação e manutenção de ETEs, sendo cada vez mais necessária a vigilância sobre as questões de saúde e segurança do trabalhado de forma a atender as legislações aplicáveis e diminuir os riscos de acidentes e afastamentos (BUDA, 2004).

Quando tratamos de ETEs construídas para o atendimento de condomínios residenciais unicamente, o aspecto de saúde e segurança do trabalhador envolvido nas tarefas de manutenção e operação da ETE é pouco abordado na literatura. A identificação dos riscos ocupacionais associados a essas tarefas é de fundamental importância para que os profissionais envolvidos, gestores e administradores do condomínio proponham e possibilitem melhorias para aqueles riscos existentes e não controlados.

Nesse contexto, este trabalho objetivou avaliar os riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidente aos quais os trabalhadores responsáveis pelas manutenções e operações diárias de uma ETE de condomínio residencial estão expostos, propondo medidas ou alternativas de controle que possibilitem sua eliminação ou minimização.

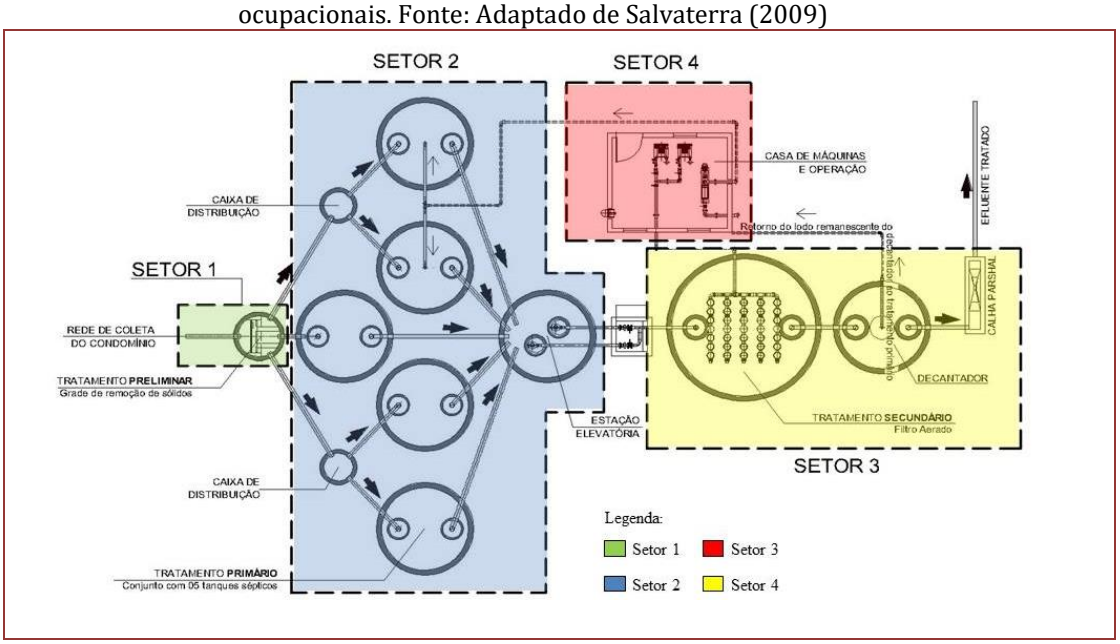
2. MATERIAIS E MÉTODOS

O local utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa foi a ETE de um condomínio fechado de residências unifamiliares, situado na cidade de São Leopoldo/RS. O processo de tratamento consiste em um conjunto de tanques sépticos seguidos de um filtro biológico e decantação secundária. O sistema é composto por um gradeamento e vertedor regulável, seguidos por tanques sépticos, responsáveis pela sedimentação dos sólidos e areias e pela separação das gorduras. Na sequência, encontra-se o filtro aerado responsável pelo processo biológico do tratamento, o decantador secundário e a calha Parshall. O fluxo e o processo de tratamento são apresentados na Figura 01. O sistema de tratamento de esgoto sanitário em operação no condomínio é projetado para o atendimento de 650 habitantes, porém, atualmente, nem todos os lotes estão ocupados com residências construídas ou em construção. Conforme levantamento realizado junto a administradora do condomínio e com base na ocupação atual, estima-se que a ETE esteja operando com cerca de 60% de sua capacidade.

Para o levantamento dos riscos, foram estabelecidos quatro setores para análises conforme apresentados na Figura 01:

a) Setor 1 - tratamento preliminar, grade de remoção de sólidos;
b) Setor 2 - tratamento primário, conjuntos de tanques sépticos e estação elevatória;
c) Setor 3 - tratamento secundário, filtro aerado, decantador e calha Parshal; e
d) Setor 4 - casa de máquinas e operação.

Figura 1: Fluxo, processo de tratamento da ETE e divisão dos setores para levantamento dos riscos ocupacionais. Fonte: Adaptado de Salvaterra (2009)



Em cada um dos setores foi analisado a presença de riscos biológicos, ergonômicos e de acidentes de maneira qualitativa e os riscos físicos, químicos e os níveis de iluminação foram determinados de maneira quantitativa. Para determinação dos riscos físicos, foram medidos os níveis de ruído e a presença de gases e, no setor 4 (casa de máquinas e operação), também foram medidos níveis de temperatura e iluminação.

3. LEVANTAMENTO QUALITATIVO DOS RISCOS OCUPACIONAIS

Para a identificação dos riscos ergonômicos, foi realizada uma análise das atividades desempenhadas em cada um dos setores de trabalho. Foi realizada a aplicação do checklist elaborado por Couto (2002) e apresentado na Tabela 1. Essa abordagem foi escolhida a fim de demostrar uma condição geral do posto de trabalho, sob o ponto de vista ergonômico, com o intuito de propiciar ações futuras quanto a análises especificas para cada uma das situações e atividades analisadas.

Tabela 1: Checklist geral para avaliação grosseira da condição ergonômica de um posto de trabalho

1	O corpo (tronco e cabeça) está na vertical?	(0) Não	(1) Sim
2	Os braços trabalham na vertical ou próximo da vertical?	(0) Não	(1) Sim
3	Existe alguma forma de esforço estático?	(1) Não	(0) Sim
4	Existem posições forçada do membro superior?	(1) Não	(0) Sim
5	As mãos têm que fazer muita força?	(1) Não	(0) Sim
6	Há repetitividade frequente de algum tipo específico de movimento?	(1) Não	(0) Sim
7	Os pés estão apoiados?	(0) Não	(1) Sim
8	Tem-se que fazer esforço muscular forte com a coluna ou outra parte do corpo?	(1) Não	(0) Sim
9	Há possibilidade de flexibilidade postural no trabalho?	(0) Não	(1) Sim
10	A pessoa tem a possibilidade de uma pausa entre um ciclo e outro ou há um período definido de descanso após um certo número de horas trabalhadas?	(0) Não	(1) Sim

Critério de interpretação
10 pontos - condição ergonômica em geral excelente
7 a 9 pontos- boa condição ergonômica
5 ou 6 pontos - condição ergonômica razoável
3 ou 4 pontos - condição ergonômica ruim
0,1 ou 2 pontos - péssima condição ergonômica.

Os riscos de acidentes foram analisados durante as visitas realizadas a ETE em conjunto com as entrevistas aos trabalhadores e a administração do condomínio. Para esta análise e avaliação foram consideradas as Normas Regulamentadoras nº 6 - Equipamentos de proteção individual - EPI; nº 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade; nº 11 - Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais; nº 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos; nº 23 - Proteção contra incêndios e nº 26 - Sinalização de segurança.

A presença do risco biológico foi determinada de maneira qualitativa, uma vez que os trabalhadores envolvidos no processo de operação e manutenção da ETE estão expostos a agentes infecciosos e parasitas (vírus da hepatite A, Leptospira e Helicobacter, Ascaris e Giardia etc.) e agentes biológicos não infecciosos (endotoxinas e micotoxinas), além de fontes potenciais de microrganismos patogênicos transportados por via aérea. (DOUWES et al. 2001 *apud* DIONÍSIO 2006).

3.1. LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DOS RISCOS OCUPACIONAIS

Foram analisadas as presenças dos agentes das seguintes naturezas: (a) ruído: decorrente dos motores localizados na casa de máquinas e operação da ETE e (b) calor: decorrente do calor provocado pelos motores no interior da casa de máquinas e operação da ETE.

Para a determinação dos níveis de ruído nas diferentes operações da ETE foi utilizado um decibelímetro digital da marca Minipa modelo MSL – 1355. Os níveis de ruído foram medidos em decibéis com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (SLOW), conforme determinação do Anexo nº 1 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978). Com os resultados levantados, a análise foi realizada com base no tempo de exposição do trabalhador em cada uma das atividades versus os níveis de ruídos produzidos a fim de determinar se as atividades foram desempenhadas dentro dos limites estabelecidos.

Para a avaliação de exposição ao calor, foram realizadas medições no interior da casa de máquinas, onde se realiza as atividades diárias de controle e operação da ETE, além de manutenções preventivas programadas com necessidade de maior permanência do trabalhador no local. Conforme estabelecido no Anexo nº 3 - Limites de tolerância para exposição ao calor - da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978), a medição neste local visou estabelecer um critério para caracterizar as atividades ou operações quanto sua insalubridade decorrente da exposição ocupacional ao calor em ambiente fechado ou com a presença de uma fonte artificial de calor. Foram registradas três leituras para a obtenção de uma oscilação não superior a 0,1ºC, sendo considerada leitura final a média destas.

A exposição ao calor foi avaliada através da metodologia e dos procedimentos descritos na Norma de Higiene Ocupacional NHO 06 (2ª edição - 2017) da FUNDACENTRO. Foi utilizado o medidor de stress térmico modelo Itemp marca Inlite, composto de indicador e módulo-sensor com três sondas. O aparelho indica o stress térmico, bulbo seco, bulbo úmido e efetua o cálculo de IBUTG para ambientes internos e externos.

Conforme preconiza o item 2.4 do Anexo nº 3 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978), foi considerado um período de exposição de 60 (sessenta) minutos corridos, resultantes da condição mais crítica de exposição. A permanência do trabalhador em cada situação térmica analisada foi determinada através das informações obtidas nas visitas técnicas e no memorial de uso e operação da ETE.

Para a determinação do limite de exposição ocupacional ao calor em cada uma das atividades, foi considerado o exposto no Quadro 1 - Limite de exposição ocupacional ao calor – do Anexo nº 3 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978). A determinação da taxa metabólica por atividade foi realizada consultando o Quadro 2 - Taxa metabólica por tipo de atividade - do Anexo nº 3 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978).

Conforme o item 2.3 do Anexo nº 3 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978), serão caracterizadas como insalubres as atividades ou operações realizadas em ambientes fechados ou ambientes com fonte artificial de calor sempre que o IBUTG (médio) medido ultrapassar os limites de exposição ocupacional estabelecidos com base no Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo apresentados no Quadro 1 do Anexo nº 3 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978) e determinados a partir da taxa metabólica das atividades, apresentadas no Quadro 2 do Anexo nº 3 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978). As situações de exposição ocupacional ao calor, caracterizadas como insalubres, serão classificadas em grau médio. As atividades e operações com exposição eventual ou não rotineira ao calor foram desconsideradas desta análise, conforme determina o item 2.4.1 do Anexo nº 3 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978).

Os riscos químicos foram determinados com base nos dados coletados e no sistema de operação e funcionamento da ETE, através do Anexo nº 11 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978), considerando a possibilidade de exposição ao gás sulfídrico (H_2S), ao gás metano (CH_4) e ao monóxido de carbono (CO). Para realizar a medição quantitativa dos gases gerados, com foco nos gases citados acima, foi utilizado um medidor multigases de modelo Gás Alert Micro Clip XL, que monitora os seguintes gases: sulfeto de hidrogênio, monóxido de carbono, L.E.L (explosividade, relacionado a concentração de metano no ambiente) e gás oxigênio. Os valores considerados para análise dos riscos químicos referente à exposição aos gases presentes na ETE seguiram as diretrizes apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Limites de tolerâncias de agentes químicos

Agentes Qúimicos	Limite de Exposição Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade em caso de caracterização
Gás sulfídrico (H_2S)	8 ppm	12 mg/m^3	Máximo
Gás metano (CH_4)	asfixiante	simples	-
Monóxido de carbono (CO)	39 ppm	43 mg/m^3	Máximo

A medição da iluminação foi realizada na casa de máquinas e operações, conforme orientações da NBR 5413 (ABNT, 1992) por se tratar de um ambiente interno e sem a incidência solar direta. Considerando a Tabela 1 - Iluminâncias por classe de tarefas visuais, da NBR 5413 (ABNT, 1992), estipulando que as atividades realizadas no interior da casa de máquinas se enquadrem na classe B (iluminação geral para área de trabalho) com o desempenho de tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinários e operações de equipamento, a iluminância considerada adequada será entre 500 e 1000 lux. Para o registro da iluminância foi utilizado luxímetro digital da marca Akron modelo KR852.

No processo de medição da iluminância, o sensor do aparelho foi posicionado perpendicularmente à fonte de luz, conforme orientações contidas no manual do equipamento, a fim de garantir uma maior precisão. As medições foram realizadas em três pontos: junto ao painel de comando elétrico da ETE e sobre os motores. A definição dos pontos de medição baseou-se no mapeamento prévio realizado considerando as posições de trabalho desempenhadas no local. Após os registros, fez-se necessário obter a média aritmética das medições coletadas para determinar a iluminância média de cada um dos pontos e os desvios-padrões.

3.2. RESULTADOS DO LEVANTAMENTO QUALITATIVO DOS RISCOS OCUPACIONAIS

As análises das condições ergonômicas dos postos de trabalho foram realizadas através da observação das atividades e das informações contidas no manual de uso e operação da ETE. Na Tabela 3 é apresentada a condição ergonômica de cada atividade de acordo com os setores analisados. Com a análise dos resultados observa-se que as atividades de limpeza de tanques e descarte de lodo foram classificadas como condição ergonômica ruim. Essa metodologia baseada na análise do posto fornece um direcionamento para quais atividades necessitam um maior estudo e análise. Desta maneira, sugere-se o aprofundamento do estudo ergonômico nestas duas atividades, priorizando assim sua melhora na condição ergonômica de trabalho. As demais atividades analisadas foram classificadas como condição ergonômica boa ou excelente.

Tabela 3: Condição ergonômica das atividades de operação e manutenção da ETE

SETORES			1		2	4		1, 2 e 3		1, 2, 3 e 4	
ROTINA DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO			Remoção do material retido no gradeamento (com equipamentos manuais)	Remoção do material retido no gradeamento (com máquinas de pressão ou vapor)	Descarte do excesso de lodo	Verificação do funcionamento de todos os controles de níveis	Verificação do sistema elétrico	Verificação e operação dos instrumentos e equipamentos	Coleta de amostras e análise do efluente	Limpeza geral dos equipamentos e tanques	Controle de odor	Inspeção visual
CHECKLIST DA CONDIÇÃO ERGONÔMICA												
O corpo (tronco e cabeça) está na vertical?	(0) Não	(1) Sim	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
Os braços trabalham na vertical ou próximo da vertical?	(0) Não	(1) Sim	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
Existe alguma forma de esforço estático?	(1) Não	(0) Sim	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Existem posições forçada do membro superior?	(1) Não	(0) Sim	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
As mãos têm que fazer muita força?	(1) Não	(0) Sim	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Há repetitividade frequente de algum tipo específico de movimento?	(1) Não	(0) Sim	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Os pés estão apoiados?	(0) Não	(1) Sim	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tem-se que fazer esforço muscular forte com a coluna ou outra parte do corpo?	(1) Não	(0) Sim	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Há possibilidade de flexibilidade postural no trabalho?	(0) Não	(1) Sim	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A pessoa tem a possibilidade de uma pausa entre um ciclo e outro ou há um período definido de descanso após um certo número de horas trabalhadas?	(0) Não	(1) Sim	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SOMATÓRIO:			7	8	4	8	9	9	9	4	10	10
Condição ergonômica:			**BOA**	**BOA**	**RUIM**	**BOA**	**BOA**	**BOA**	**BOA**	**RUIM**	**EXCELENTE**	**EXCELENTE**

Nos questionamentos realizados aos trabalhadores responsáveis pelas atividades diárias de operação e manutenção da ETE, eles informaram ter o conhecimento sobre o manual de uso e operação da ETE. Os trabalhadores declararam receber os seguintes EPIs: uniforme, botina, luvas proteção química nitrílica e máscara PFF2. Os trabalhadores informaram não ter conhecimento sobre procedimentos de saúde e segurança do trabalho e não receberam qualquer treinamento na área. Não foi relatado acidentes no local no período de funcionamento da ETE.

Foi identificada a ausência de sinalização de segurança na área. Também não havia sinalizações e equipamentos para o combate a incêndios, não atendendo assim, em sua totalidade, as normas regulamentadoras Nº 23 e Nº 26 (BRASIL, 1978). Durante as visitas foi observada a abertura das tampas dos tanques sem a adoção de procedimentos de isolamento ou sinalização da área.

O Anexo nº 14 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978) classifica as atividades que envolvam o trabalho ou a operação em contato permanente com esgotos (galerias e tanques) como grau máximo de insalubridade. No estudo de caso em questão, nenhuma das atividades de rotina de operação e manutenção listadas na Tabela 3 enquadra-se neste quesito, uma vez que não ocorre o contato permanente com os tanques. A limpeza dos tanques (descarte do excesso do lodo), realizada anualmente, é realizada por empresa terceirizada especializada, com o auxílio de caminhões equipados com bomba de vácuo, mangueiras e tanque de coleta. Foi verificado que os trabalhadores da empresa responsável pela limpeza dos tanques e coleta do lodo recebem insalubridade em grau máximo. Os trabalhadores responsáveis pela manutenção e operação diária da ETE recebem insalubridade grau médio.

3.3. RESULTADOS DO LEVANTAMENTO QUANTITATIVO DOS RISCOS OCUPACIONAIS

Na Tabela 4 são apresentadas as medições realizadas para as interpretações quanto às exposições aos riscos físicos.

Tabela 4: Levantamento quantitativo dos riscos físicos

Risco	Natureza	Setor	Valores medidos		Critério
Físico	Ruído	1	55 dB		Anexo nº 1 NR 15
		2	55 dB		
		3	57 dB		
		4	86.1 dB		
	Calor	4	33.7ºC		Anexo nº 3 NR 15
Químico	Gases	1	H_2S	-	Anexo nº 11 NR 15
			CH_4	-	
			CO	19 ppm	
			O_2	20.9 %	
		2	H_2S	-	
			CH_4	-	
			CO	22 ppm	
			O_2	20.9 %	
		3	H_2S	-	
			CH_4	-	
			CO	24 ppm	
			O_2	20.9 %	
		4	H_2S	-	
			CH_4	-	
			CO	23 ppm	
			O_2	20.9 %	
Acidentes	Iluminação	4	35.7 luxes		NBR 5413

Conforme o Anexo nº 1 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente – da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978), os valores de ruído medidos nos setores 1, 2 e 3 não apresentam riscos à saúde dos trabalhadores. O valor medido no setor 4, 86,1 dB, é admissível para uma jornada de até 7 horas. Não foi possível realizar o cálculo da dose de ruído uma vez que a exposições a níveis inferiores a 80 dB(A) não são considerados para o cálculo da dose. As atividades diárias desenvolvidas no setor 4, casa

de máquinas e operações, se resumem a verificações de equipamentos e acionamento de comandos, não ultrapassando períodos de 30 minutos diários, conforme relatos dos trabalhadores e observações realizadas no local. Desta maneira, as atividades de manutenções e operações diárias desenvolvidas no setor são classificadas como salubres.

Em situações de manutenções preventivas ou corretivas que seja necessário a permanência de trabalhadores no local por um período superior a 7 horas, é necessária a adoção de medidas de controle para proteção do sistema auditivo. Também deve levar-se em consideração que em caso de manutenções de equipamentos na casa de máquinas, o nível de ruído tende a sofre diminuição devido ao desligamento dos equipamentos em manutenção.

Alguns estudos destacam a inexistência da insalubridade proveniente dos níveis de ruído em ETE. Neto (2005) analisou os níveis de ruído em três ETEs responsáveis pelo tratamento do esgoto sanitário do município de Caucaia/CE, obtendo valores entre 77,4 dB e 77,8 dB, desta maneira, caracterizando os locais analisados como salubres quanto a este risco ocupacional. Destaca-se aqui que tais valores diferem conforme metodologia de tratamento e tamanho da operação. Não foi encontrado na literatura estudo referente a análises de condições ocupacionais na operação e manutenção de ETE de condomínios residenciais.

Para a determinação da taxa metabólica das atividades rotineiras e de manutenção desenvolvidas no interior na casa de máquinas, foi considerando o trabalho leve e moderado com as mãos, sendo estes desenvolvidos, em sua totalidade, nas posições em pé, agachado ou ajoelhado. Desta maneira, conforme o Quadro 2 do Anexo nº 3 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978), a taxa metabólica considerada foi de 153 W para trabalhos leves com as mãos e 180 W para trabalhos moderados com as mãos. A determinação quanto à intensidade da atividade desenvolvida no interior da casa de máquinas baseou-se na observação do labor dos trabalhadores.

O limite de exposição ocupacional ao calor foi determinado de acordo com o Quadro 1 - Limite de exposição ocupacional ao calor – do Anexo nº 3 da Norma Regulamentadora nº 15 (BRASIL, 1978), sendo necessária a interpolação para a determinação do IBUTG máximo. Para trabalhos leves com as mãos em pé, agachado ou ajoelhado o IBUTG máximo considerado foi de 31 ºC e para trabalhos moderados com as mãos em pé, agachado ou ajoelhado o IBUTG máximo considerado foi de 30 ºC. A medição realiza no local registrou o IBUTG de 33.7°C, superior ao limite tolerável às atividades desempenhadas no local. Neste caso, os trabalhadores com acesso rotineiro à casa de máquinas e operação devem ter suas atividades caracterizadas como insalubre grau médio.

As concentrações de gás sulfídrico (H_2S) e gás metano (CH_4) foram inexistentes ou inferiores ao mínimo identificável pelo equipamento de medição. Os pontos de medição de monóxido de carbono (CO) foram inferiores a 24 ppm e o nível de oxigênio (O_2) ficou em 20.9% na média. As concentrações destes gases não superaram os limites estabelecidos pelas normas, podendo-se considerar o ambiente salubre a este risco ocupacional.

Os resultados de iluminância nos três pontos selecionados para medição no interior da casa de máquinas estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Iluminância nos diferentes pontos de trabalho da casa de máquinas

Ponto de medição	Valores medidos (lux)
Ponto 1 – Painel de controle	26
Ponto 2 – Motores do filtro aerado	50
Ponto 3 – Motor do retorno do lodo	31
Valor médio	35,67
Desvio Padrão	12,66

Com base nos valores coletados, verifica-se que as atividades são desenvolvidas neste ambiente com níveis de iluminação inadequados, uma vez que considerado o desempenho de tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinários e operações de equipamento, a luminância considerada adequada seria entre 500 e 1000 lux conforme especificações da NBR 5413 (ABNT, 1992).

4. ANÁLISE DOS RISCOS OCUPACIONAIS E MEDIDAS DE CONTROLE

No Tabela 6 são apresentados os riscos inerentes às etapas de tratamento da ETE do estudo de caso, as medidas de controle adotadas e as medidas sugeridas após os levantamentos realizados nesta pesquisa. Os riscos presentes em cada atividade foram classificados quanto à insalubridade, caracterizando a atividade como insalubre quando ao menos um dos riscos envolvidos obteve essa classificação.

Tabela 6: Riscos e consequências de exposição do trabalhador, práticas adotadas e recomendações propostas

Setor	Atividades	Risco	Insalubre	Consequência da exposição	Medidas de controle adotadas	Medidas de controle sugeridas
1	Remoção do material retido no gradeamento (com equipamentos manuais) Remoção do material retido no gradeamento (com máquinas de pressão ou vapor) Coleta de amostras e análise do efluente Controle de odor	Risco biológico: contato com microrganismos (vírus, bactérias, fungos, parasitas e protozoários) presentes no efluente durante a retirada do material retido no gradeamento.	Sim	Desenvolvimento de doenças infectocontagiosas, diarreicas e hepáticas.	Uso de luvas e botinas.	Utilização de óculos e máscara de proteção e roupa ou avental impermeável.
		Risco de acidente: ausência de sinalizações e isolamento da área no momento de abertura dos tanques.	Não	Quedas, intoxicação por ingestão acidental de poluentes.	-	Implantação de procedimento para adoção de sinalização na área da ETE. Implantação de procedimento para sinalização e isolamento do entorno dos tanques no momento da abertura das tampas para manutenção ou coleta de amostras.

(continua)

Setor	Atividades	Risco	Insalubre	Consequência da exposição	Medidas de controle adotadas	Medidas de controle sugeridas
2	Descarte do excesso de lodo Limpeza geral dos equipamentos e tanques Coleta de amostras e análise do efluente Controle de odor	Risco biológico: contato com microrganismos (vírus, bactérias, fungos, parasitas e protozoários) presentes no efluente e no lodo.	Sim	Desenvolvimento de doenças infectocontagiosas, diarreicas e hepáticas.	Uso de luvas e botas de PVC.	Utilização de óculos e máscara de proteção e roupa ou avental impermeável.
		Risco ergonômico: postura inadequada e/ou esforço repetitivo.	Não	Distúrbios osteomusculares, lesões por esforço repetitivo, lordose lombar.	-	Treinamento dos trabalhadores sobre as posturas adequadas para execução de cada atividade, a fim de afetar em menor nível sua saúde. Desenvolvimento de uma análise ergonômica para mapear com exatidão as situações de maiores riscos e estabelecer um plano de ação.
		Risco de acidente: ausência de sinalizações e isolamento da área no momento de abertura dos tanques.	Não	Quedas, intoxicação por ingestão acidental de poluentes.	-	Implantação de procedimento para adoção de sinalização na área da ETE. Implantação de procedimento para sinalização e isolamento do entorno dos tanques no momento da abertura das tampas para manutenção ou coleta de amostras.

(continua)

Setor	Atividades	Risco	Insalubre	Consequência da exposição	Medidas de controle adotadas	Medidas de controle sugeridas
3	Limpeza geral dos equipamentos e tanques Coleta de amostras e análise do efluente Controle de odor	Risco biológico: contato com microrganismos (vírus, bactérias, fungos, parasitas e protozoários) presentes no efluente durante a coleta das amostras.	Sim	Desenvolvimento de doenças infectocontagiosas, diarreicas e hepáticas.	Uso de luvas e botinas.	Utilização de óculos e máscara de proteção e roupa ou avental impermeável.
		Risco ergonômico: postura inadequada e/ou esforço repetitivo.	Não	Distúrbios osteomusculares, lesões por esforço repetitivo, lordose lombar.	-	Treinamento dos trabalhadores sobre as posturas adequadas para execução de cada atividade, a fim de afetar em menor nível sua saúde. Desenvolvimento de uma análise ergonômica para mapear com exatidão as situações de maiores riscos e estabelecer um plano de ação.
		Risco de acidente: ausência de sinalizações e isolamento da área no momento de abertura dos tanques.	Não	Quedas, intoxicação por ingestão acidental de poluentes.	-	Implantação de procedimento para adoção de sinalização na área da ETE. Implantação de procedimento para sinalização e isolamento do entorno dos tanques no momento da abertura das tampas para manutenção ou coleta de amostras.

(continua)

Setor	Atividades	Risco	Insalubre	Consequência da exposição	Medidas de controle adotadas	Medidas de controle sugeridas
4	Verificação do funcionamento de todos os controles de níveis Verificação do sistema elétrico Verificação e operação dos instrumentos e equipamentos Controle de odor	Risco de acidente: ausência de sinalizações e equipamentos para combate a incêndio.	Não	Incêndios	-	Implantação de plano de emergência e PPCI na área da ETE. Disponibilizar extintores no local. Treinamento da equipe quanto ao correto uso dos extintores e formação de brigada de emergência.
		Risco de acidente: ausência de iluminação adequada.	Não	Irritação nos olhos, cansaço visual, dificuldade visual.	-	Instalação de sistema de iluminação adequado no local.
		Risco de acidente: armazenamento inadequado de materiais.	Não	Acidentes graves provocados pela obstrução de rotas de passagem ou armazenamento de produtos de limpeza próximo a motores elétricos.	-	Proibir o armazenamento de materiais na casa de máquinas e operações, bem como no entorno da ETE.
		Risco físico: ruído de máquinas e equipamentos.	Não	Estresse, taquicardia, fadiga, distúrbios musculares e emocionais, problemas cardiovasculares, entre outros.	-	Uso de protetor auricular
		Risco físico: calor gerado por máquinas e equipamentos em ambientes internos.	Sim	Desidratação, erupções cutâneas, fadiga física, distúrbios psicológicos.	-	Instalação de sistema de ventilação e troca de ar.

(conclusão)

Os EPIs fornecidos pelas empresas envolvidas na manutenção e operação da ETE são: uniforme, botina, luvas de proteção química nitrílica e máscara PFF2. Desta forma, recomenda-se a adição de EPIs específicos para cada atividade, conforme listados na Tabela 6.

Os riscos ergonômicos foram abordados através de um questionário grosseiro com o propósito de direcionar uma linha de pesquisa e estudo para melhoria da condição de trabalho. Foi identificado que as atividades de limpeza de tanques e descarte de lodo tiveram uma pior classificação na análise ergonômica, sendo necessário um aprofundamento na análise dos fatores que levaram a esse resultado.

Na área da casa de máquinas e operações, sugere-se a adequação da iluminação a fim de atender a legislação já citada. No mesmo ambiente, deverá prever-se a instalação de um sistema de ventilação e/ou troca de ar para garantir conforto térmico dos trabalhadores. Os níveis de ruido não apresentam riscos à saúde do trabalhador na permanência no local por até 7 horas durante a jornada de trabalho. Em períodos superiores, deverá ser previsto a utilização de medidas de proteção e controle, como por exemplo, a adoção de protetores auriculares.

É necessária a execução de um plano de prevenção e combate a incêndios para a área da ETE e o posterior treinamento dos trabalhadores quanto à utilização dos equipamentos. Procedimentos para abertura de tanques também devem ser adotados, prevendo a sinalização e isolamento da área durante as atividades.

5. CONCLUSÕES

Pode-se identificar que as ETEs de menor porte, como a objeto desta pesquisa, instalada no interior de um condomínio residencial, estão suscetíveis a presença de riscos ocupacionais. Temas relacionados à saúde e segurança dos trabalhadores envolvidos nas atividades de operação e manutenção da ETE são negligenciados, muitas vezes, devido à ausência de informações sobre o tema, seja este direcionada ao responsável pela administração do condomínio ou diretamente ao trabalhador.

Devido à inexistência de uma Norma Regulamentadora (NR) que aborde especificamente as condições adequadas para as atividades em ETEs, foi realizada uma abordagem dos riscos presentes no estudo de caso, relacionando-os com suas respectivas NRs.

A partir da análise dos riscos identificados, foram apresentadas as recomendações e medidas de controles sugeridas como: a adoção de EPIs complementares; adequação no sistema de iluminação e instalação de sistema adicional de ventilação e/ou troca de ar da casa de máquinas e operação; o desenvolvimento de análise ergonômica para as atividades com pior classificação na condição ergonômica e treinamento dos trabalhadores quanto à postura adequada para a realização das tarefas; o desenvolvimento de projeto de sinalização e isolamento de áreas e o desenvolvimento do plano de prevenção e combate a incêndios em conjunto com o treinamento dos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992. 13 p.

[2] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 6: Equipamento de proteção individual - EPI. Brasília, DF, 1978.

[3] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Brasília, DF, 1978.

[4] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília, DF, 1978.

[5] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 15: Atividades e operações insalubres. Brasília, DF, 1978.

[6] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 23: Proteção contra incêndios. Brasília, DF, 1978.

[7] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 26: Sinalização de segurança. Brasília, DF, 1978.

[8] BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 16 jul. 2020.

[9] BUDA, José Francisco. Segurança e higiene no trabalho em estação de tratamento de esgoto, Campinas - SP. 2004. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2004.

[10] COUTO, Hudson de Araújo. Como implantar ergonomia na empresa: A prática dos comitês de ergonomia. Belo Horizonte: Casa da Imagem, 2002. 336 p.

[11] DIONÍSIO, Jair Alves. Riscos biológicos na estação de tratamento de esgotos ETE-Belém, Curitiba -PR. 2006. 58 p. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Engenharia e Segurança do Trabalho) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2006.

[12] FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICIDA DO TRABALHO – FUNDACENTO. Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06) – Avaliação de Exposição Ocupacional ao Calor. São Paulo: Fundacentro, 2017.

[13] JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 8a ed. Rio de Janeiro: ABES, 2017.

[14] NETO, Francisco das Chagas. Estudo das condições laborais em estações de tratamento de esgoto. 2005. 119 p. Tese (Mestrado em Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, 2005.

[15] SALVATERRA, Manuel. Projeto e memorial descritivo de cálculo e operações de estação de tratamento de efluentes. Porto Alegre: Rio Grande do Sul, 2009. 35 p.

[16] SOUZA, Cláudio Leite de; SANTOS, André Bezerra dos; SILVA, Marcos Erick Rodrigues da; Aquino, Sérgio Francisco de. Aspectos qualitativos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas. In: SANTOS, André Bezerra dos (coord.). Caracterização, Tratamento e Gerenciamento de Subprodutos de Correntes de Esgotos Segregadas e Não Segregadas em Empreendimentos Habitacionais. 1ª Edição. Fortaleza, CE: Imprece, 2019. P. 118-218.

[17] SPERLING, M. VON. Princípios Básicos do Tratamento de Esgotos. 2a ed. Belo Horizonte: UFMG, 2016.

Capítulo 15

Engajamento de equipe operacional de esgoto utilizando canvas de proposta de valor

Iara Regina Grilo Papais
Ricardo Rezende Monteiro Barbosa

Resumo: A gestão organizacional procura superar desafios impostos pela globalização e atender os objetivos de desenvolvimento sustentável como a responsabilidade socioambiental, de forma a criar um ambiente ágil e dinâmico, que valorize o capital humano e se adapte ao mundo BANI (Brittle, Anxious, Nonlinear, Incomprehensible – ou FANI, na tradução: Frágil, Ansioso, Não linear e Incompreensível). O engajamento das equipes é uma forma de abordar tais desafios. Com a participação da equipe operacional de esgoto no preenchimento de nuvem de palavras e Canvas de Proposta de Valor, são observados o engajamento e as preocupações da equipe com a qualidade ambiental e o atendimento das metas e perspectivas.

Palavras-chave: Engajamento; Equipe operacional; Esgoto.

1. INTRODUÇÃO

Debates sobre a noção de sustentabilidade ainda não estão encerrados, tendo sempre base na ecologia – ideia de equilíbrio, da resiliência - e na economia, indicando a capacidade de um sistema enfrentar distúrbios e choques e se adequar a eles, mantendo suas funções e estrutura, tirando benefícios, adaptando e reorganizando (VEIGA, 2010). Os riscos e agravos socioambientais da sociedade crescente ameaçam a complexidade do processo de transformação social, e a sustentabilidade é apresentada como alternativa, definindo limitação ao crescimento desordenado, iniciativas que considerem participantes sociais relevantes e ativos e, por meio de práticas educativas e diálogo, reforça um sentimento de corresponsabilização e constituição de valores éticos. (JACOBI; TRISTÃO; FRANCO, 2009).

O Mundo BANI (Brittle, Anxious, Nonlinear and Incomprehensible), ou FANI (Frágil, Ansioso, Não linear e Incompreensível, em português) é um conceito criado em 2018 pelo antropólogo Jamais Cascio e representa a sociedade atual, principalmente em tempos de pandemia. Para Cascio, o mundo atual é frágil devido à incerteza e à imprevisibilidade do amanhã, levando à ansiedade e ao senso de urgência, em especial em um cenário de tragédias e notícias ruins. A não linearidade ocorre devido diversas ações e situações simultâneas, com conexões fracas e rápidas. E incompreensível pois a realidade sofre constantemente com as mudanças e acontecimentos, seja pelo avanço tecnológico ou pelo distanciamento.

Para responder às preocupações ambientais, sociais e de governança (ESG, do inglês environmental, social and governance) e reduzir as disparidades do mundo BANI, as empresas podem melhorar seus indicadores quando há investimento nos pontos fortes ambientais e sociais (FATEMI; GLAUM; KAISER, 2018), com maior flexibilidade e transparência com as partes interessadas.

Uma forma de abordar é a implementação de um plano que envolva todas as partes interessadas e tomar medidas ousadas e transformadoras, como previsto nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas as metas, sendo integrados e indivisíveis, equilibrando as três dimensões do desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental. A Agenda 2030 prevê que todos podem se beneficiar com uma força de trabalho saudável, bem-educada e com as habilidades necessárias para que o trabalho seja produtivo e gratificante, promovendo plena participação na sociedade. (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Buscando atingir os ODS como o 8.2 – Atingir níveis mais elevados de produtividade das economias por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação, inclusive por meio de um foco em setores de alto valor agregado e dos setores intensivos em mão de obra, o 16.6 – Desenvolver instituições eficazes, responsáveis e transparentes em todos os níveis e o 16.7 – Garantir a tomada de decisão responsiva, inclusiva, representativa em todos os níveis, instituições e organizações estão readaptando a forma de trabalho, que são sistemas que buscam metas e objetivos que podem ser alcançados de modo eficaz e eficiente pela ação conjunta das partes, além de ter influência sobre comportamentos, desenvolvendo a sociedade. (MELLO, 2018).

No ambiente organizacional, desafios como a globalização, diversidade, responsabilidade social e avanços tecnológicos tornam as organizações dinâmicas e criam um ambiente mutável, ágil e dinâmico, exigindo novos processos estruturais, de tecnologia e recursos humanos. Estas mudanças contínuas e necessárias tornam o ambiente flexível e colaborativo, de forma que os objetivos em comum podem colocar a gestão organizacional eficiente em prática, e o trabalho passa a ser sinônimo de bem-estar, motivação e autodesenvolvimento.

Para que os funcionários se sintam valorizados, o respeito às suas características, habilidades e talentos deve ser enfatizado, direcionando para o engajamento e a cooperação. Organizações com alto nível de confiança entre liderança e funcionários têm boas classificações em relação aos valores sociais, qualidade e empoderamento. A rede de relacionamento que envolve as organizações direciona para o capital social, encarado como produto individual criado a partir da relação social entre as partes, tratando a relação de confiança e solidariedade um bem público, capaz de formar a cidadania, atingir metas e benefícios. (MELLO, 2018).

O engajamento é o processo de dar liberdade, poder e informação às pessoas, de forma que participem ativamente na organização e ajudem na tomada de decisão, melhorando o empenho do capital humano em uma gestão estratégica. É o estado de envolvimento. Em corporações, está diretamente relacionado ao crescimento da empresa, e contribui com seus objetivos. Para que ocorra o atingimento das metas, é importante que estejam claras e sejam um agente mobilizador entre seus funcionários, direcionando para mudanças de comportamento reais. O comprometimento por longo prazo, conhecido como engajamento interno sustentável, traz sentimento de pertencimento e identificação com a empresa, impactando a

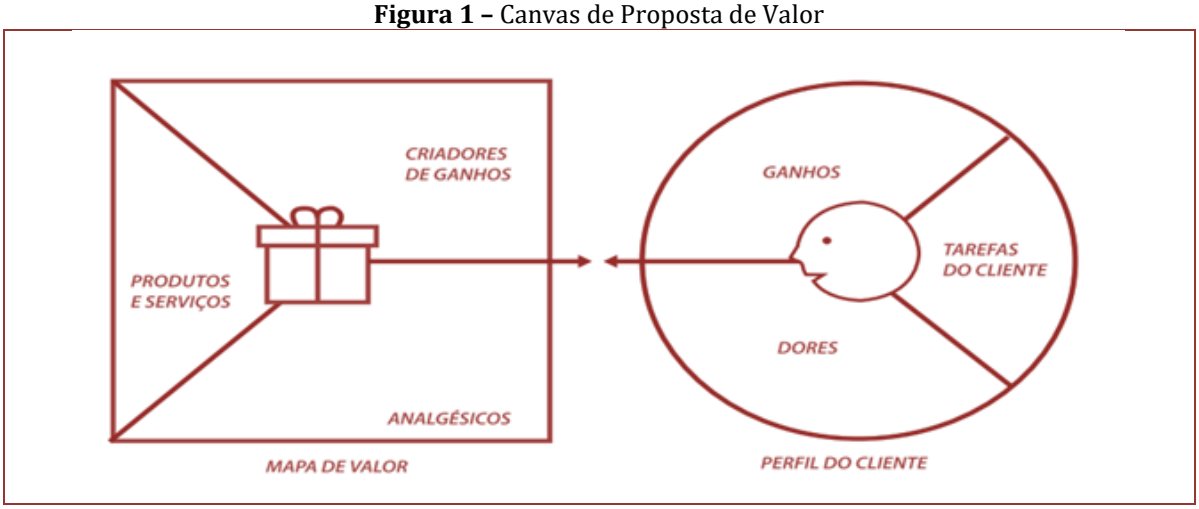
comunidade, os fornecedores, os clientes e os empregados e a comunicação interna tem papel fundamental. (MELLO, 2018).

Para promover o engajamento entre as partes, o reconhecimento de sua participação na cadeia produtiva é essencial. A empresa que tem sua comunicação interna eficiente, que apresenta seu negócio de forma clara e transparente para todos os envolvidos recebe melhores avaliações. A partir do seu modelo de negócio - um esquema das estruturas, processos e sistemas organizacionais apresentam a criação, entrega e captura do valor – seus resultados e configurações são definidos. (TEIXEIRA; LOPES, 2016).

Uma forma simples e visual de apresentar e organizar conceitos tão fundamentais é o Canvas de Proposta de Valor (CPV), desenvolvido por Osterwalder e Pgneur, e traz formas de resolver os problemas do cliente e satisfazer suas necessidades, e cada proposta cria valor para um segmento de cliente, sendo dividido em duas partes, conforme figura 1:

- Perfil do cliente: dividido em três blocos – tarefas do cliente (aquilo que os clientes estão tentando fazer), dores (resultados ruins, riscos e obstáculos) e ganhos (resultados que os clientes querem alcançar ou benefícios completos que estão procurando).
- Mapa de valor: também dividido em três blocos – produtos e serviços (lista todos os produtos e serviços em torno das quais a proposta de valor é construída), analgésicos (produtos ou serviços que aliviam as dores do cliente) e ganhos (produtos e serviços que criam ganhos para o cliente). A figura 1 representa este quadro.

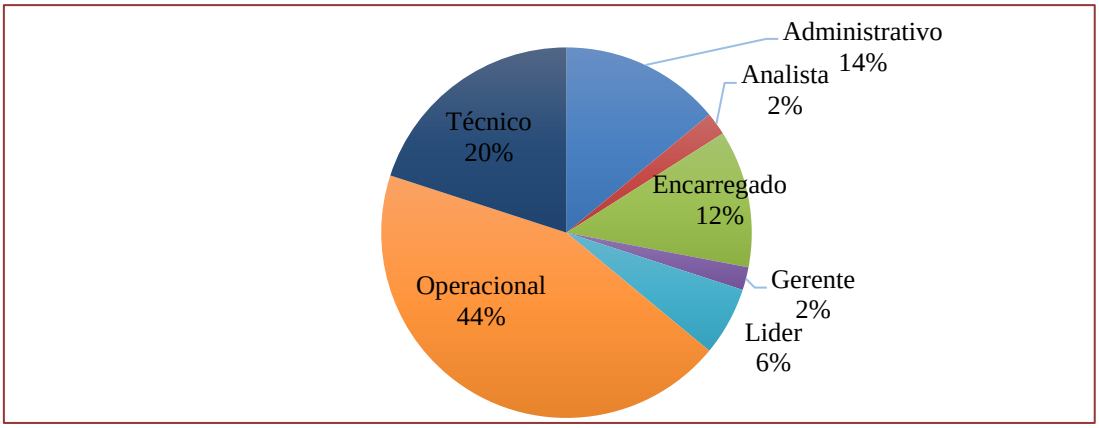
Figura 1 – Canvas de Proposta de Valor



A partir do reconhecimento da proposta de valor, os funcionários estão aptos à reconhecer suas funções e corresponder às necessidades dos clientes, sendo os valores gerados para satisfazer os envolvidos. As propostas de valor podem ser norteadas por características que visam agregar valor à oferta por parte da empresa, como novidades, performance, customização, realização do trabalho de boa qualidade, redução de riscos, acessibilidade e conveniência. As inovações a partir destes valores devem ser poderosas, eficazes e acessíveis, de forma que as ideias geradas sejam implementadas e tenham potencial e diferencial. (OSTERWALDER, A. et al., 2015).

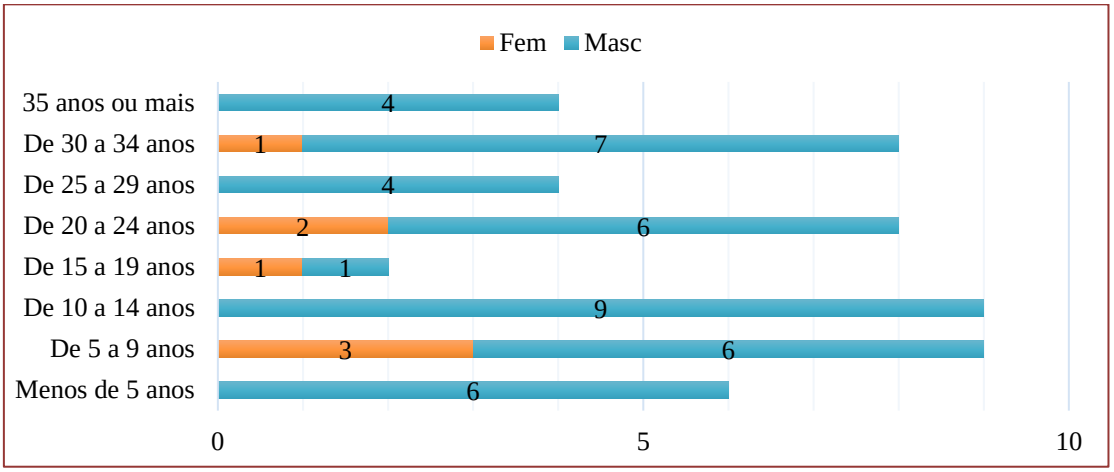
O perfil da área de manutenção de esgotos onde foi aplicado o piloto é majoritariamente masculino, sendo 86% dos 50 funcionários são homens. O quadro de distribuição por cargos está descrito na figura 2.

Figura 2: Percentual da quantidade de funcionários por cargo



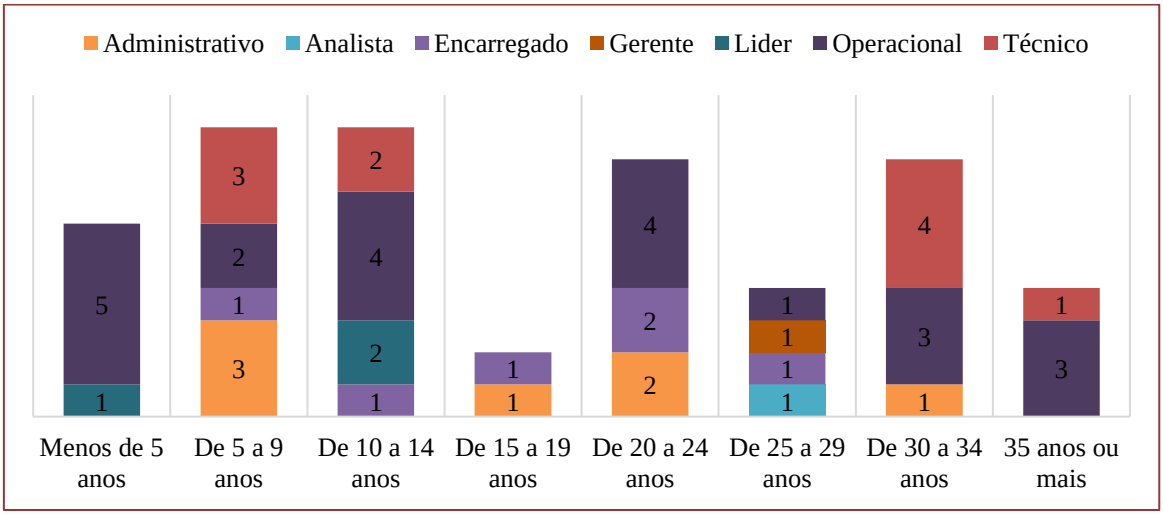
Ao considerar o tempo de trabalho na empresa, é apresentada a distribuição da figura 3.

Figura 3: Distribuição dos funcionários por tempo de contrato e sexo



A distribuição do cargo por tempo de trabalho é apresentada na figura 4.

Figura 4: Distribuição dos cargos por tempo de trabalho



2. OBJETIVOS

Objetivo principal: Avaliar o engajamento de funcionários de uma organização através da aplicação do CPV.

Objetivos secundários:

- Identificar as oportunidades e técnicas de incentivo à criatividade, motivação e inovação para os empregados;
- Caracterizar a importância da sinergia entre técnicas de Gestão de Pessoas e Comunicação Interna para atingir as metas estabelecidas pela gerência;
- Explorar como o Canvas de Proposta de Valor pode alavancar o engajamento e o pertencimento dos funcionários.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa ocorreu de forma observacional, qualitativa, aplicada em campo (participante, pesquisa ação) e transversal, como projeto piloto.

A primeira etapa, foi elaborada nuvem de palavras com a participação de 33 integrantes de diversos níveis operacionais, de gestão e gerência, onde responderam à seguinte questão: "Cite 3 palavras que vêm na sua mente quando pensa na palavra ESGOTO". Foi utilizada a ferramenta virtual Mentimeter, sendo o acesso liberado pelo período de 24h. Cada participante inseriu 3 palavras.

Houve a aplicação do CPV de acordo com os procedimentos indicados pelo autor, com integrantes da equipe operacional de manutenção de esgotos, onde as respostas foram orientadas por técnica em gestão, sendo livres e esclarecidos das etapas de preenchimento.

A interpretação dos resultados foi baseada na explanação dos sentimentos da equipe envolvida e na correlação com as metas estabelecidas pela gerência.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

Os técnicos e operacionais da área representam mais da metade dos funcionários (64%), e a participação da atividade piloto foi efetiva para todas as faixas etárias, cargos e sexos.

A elaboração da nuvem de palavras exposta na figura 5 foi elaborada sobre o tema "O que vem à sua mente quando pensa em esgoto?". A disposição e as cores das palavras inseridas são livres, sendo o tamanho dos caracteres proporcional à quantidade de vezes que cada palavra é inserida.

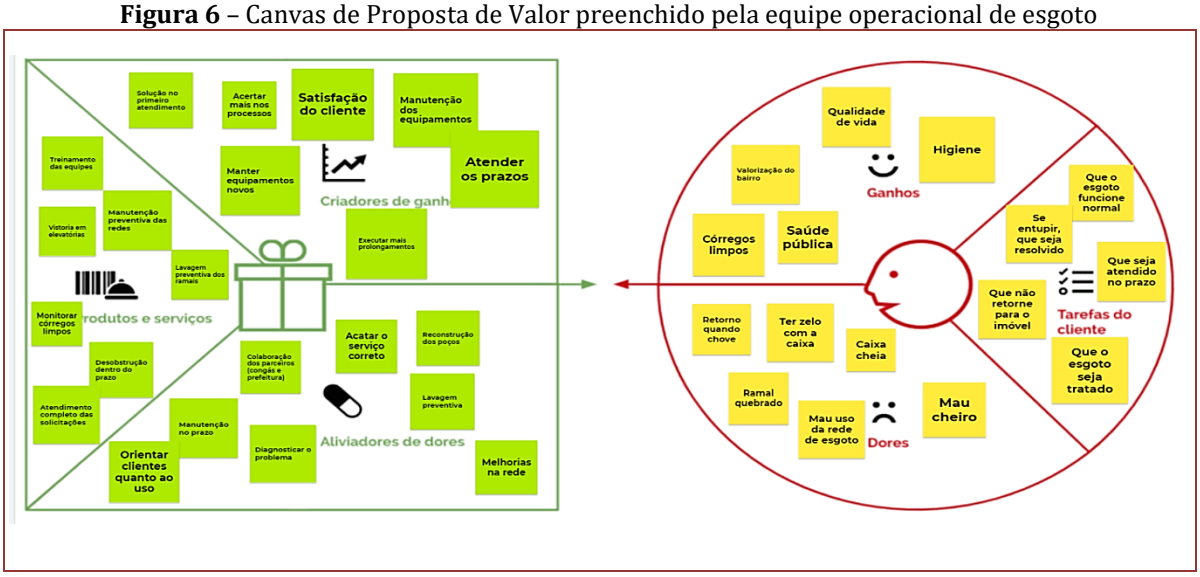
Figura 5 – Nuvem de palavras elaborada a partir da questão "O que vem à sua mente quando pensa em esgoto?"

Dois eixos principais acerca deste Esgoto podem ser indicados:

- Palavras degenerativas, como “fedido, odor, ratos, problema, contaminação, nojento”, que norteiam as inconveniências geradas pelo esgoto quando não é devidamente coletado e tratado.
- Palavras como “saneamento (em evidência), meio ambiente, preservação, saúde”, que indicam o cuidado com o ambiente e o pertencimento dos respondentes ao objeto de trabalho e perspectivas, principalmente quando observamos palavras como “preocupação, responsabilidade, trabalho, futuro”.

A partir da aplicação indicada pelos autores, o Canvas de Proposta de Valor foi aplicado baseando nas tarefas já executadas pelos funcionários participantes, sendo as respostas livres. A figura 6 apresenta as respostas obtidas pela equipe operacional.

Figura 6 – Canvas de Proposta de Valor preenchido pela equipe operacional de esgoto



É possível observar que há eixo norteador para o atendimento e satisfação do cliente usuário da coleta e tratamento do esgoto, com atenção aos prazos, agilidade e qualidade do atendimento.

Além deste, também observamos que há preocupação com a qualidade de vida dos próprios funcionários, com a manutenção dos equipamentos e treinamento das equipes, e com as atividades cotidianas que têm caráter preventivo, como a monitoria dos córregos limpos, lavagem preventiva, melhoria e ampliação da rede de coleta.

Após a aplicação das atividades, foi aberto espaço para a equipe expressar seus sentimentos em relação à metodologia e à participação. Opiniões abertas como “agora fez sentido”, “eu nunca tinha percebido que fazemos tanta coisa” e “nosso serviço é essencial para a qualidade de vida” foram proferidas.

5. CONCLUSÕES

A partir das metodologias aplicadas com a nuvem de palavras e o CPV, foi possível evidenciar qualitativamente o engajamento da equipe operacional de esgoto, que reconheceu seu importante papel socioambiental, independente da sua posição ou tempo de trabalho, evidenciando a efetividade na responsabilidade funcional.

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que este projeto piloto seja escalável, com a respectiva sistematização das respostas e análise qualiquantitativa, e alinhamento com as metas estabelecidas pela Unidade de Gerenciamento Regional.

REFERÊNCIAS

[1] VEIGA, José Eli da. Indicadores de sustentabilidade. Estudos Avançados [online]. 2010, v. 24, n.68, pp. 39-52. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142010000100006>. ISSN 1806-9592.

[2] JACOBI, Pedro Roberto; TRISTÃO, Martha; FRANCO, Maria Isabel Gonçalves Correa. A função social da educação ambiental nas práticas colaborativas: participação e engajamento. Cadernos CEDES, [S. l.], v. 29, n. 77, p. 63–79, 2009. DOI: 10.1590/s0101-32622009000100005. Disponível em: http://www.cedes.unicamp.br.

[3] FATEMI, Ali; GLAUM, Martin; KAISER, Stefanie. ESG performance and firm value: The moderating role of disclosure. Global Finance Journal, [S. l.], v. 38, p. 45–64, 2018. DOI: 10.1016/j.gfj.2017.03.001. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.gfj.2017.03.001.

[4] ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel.

[5] MELLO, Gabriel Correa D. E. Estratégias de comunicação interna como agente de engajamento organizacional: Estudo de caso da Mondelez International. 2018. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, [S. l.], 2018.

[6] TEIXEIRA, Lucas; LOPES, Humberto. Aplicação do modelo canvas para o modelo de negócios do Banco do Brasil e da Caixa Econômica Federal. Revista Gestão & Tecnologia, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 73–99, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277889910.

[7] OSTERWALDER, A. et al. Value Proposition Design: How to Create Products and Services Customers Want. New York: John Wiley & Sons, 2015.

Capítulo 16

Gestão compartilhada do saneamento em municípios de São Paulo - É viável? - Proposta

Eliana Kazue Irie Kitahara
Vania Lucia Rodrigues

Resumo: O Sistema Integrado de Saneamento Rural – SISAR é um modelo de gestão compartilhada dos serviços de saneamento entre as comunidades beneficiadas. É formado por uma federação de associações comunitárias. Uma vez implantadas as obras civis, as associações se encarregam da administração local dos sistemas no que diz respeito à leitura dos hidrômetros, fiscalização, operação e distribuição das contas e sua posterior arrecadação. A manutenção e o gerenciamento dos sistemas cabem à federação das associações (o SISAR), que possuí um quadro técnico mínimo para isto. Pode ser considerado uma tecnologia social por incorporar uma abordagem organizacional inovadora já adotada em alguns estados brasileiros e no exterior como na Colômbia, com sucesso comprovado. O Vale do Ribeira é a região com menor IDH do estado de São Paulo, e 22 municípios estão inseridos no Programa Vale do Futuro do Governo do Estado. O Vale possuí 66 territórios quilombolas e 10 terras indígenas, com grande diversidade institucional, social, ambiental e cultural. Os quilombos apresentam um arranjo de organização social próprio e existem casos de problemas de qualidade da água para consumo humano, razão pela qual este trabalho buscou trazer como referência a aplicação do modelo SISAR para esta situação no o Estado de São Paulo. Apresenta também alternativas de captação de recursos financeiros e possibilidades de estabelecimento de parcerias para implantação do modelo.

Palavras-chave: SISAR. Gestão compartilhada. Saneamento rural. Saneamento de áreas isoladas. Tecnologias sociais.

1. INTRODUÇÃO

O Estado de São Paulo responsável por 31,5% do PIB brasileiro, possuí 645 municípios e população estimada para 2022 de 44,64 milhões de habitantes. A população urbana é de 43,08 milhões de habitantes e a população rural de 1,56 milhões de habitantes, restando um grau de urbanização de 96,5% (Fundação SEADE, 2022). Apresenta os maiores índices de saneamento no Brasil nas áreas urbanas. Segundo a plataforma Sistema de Informação de Saneamento do Estado de São Paulo (SISAN), são atendidos 98,59% da população urbana com rede de abastecimento de água e 92,72% da população urbana com rede de esgotamento sanitário (SISAN, 2021).

Dados relativos ao saneamento rural não estão facilmente disponíveis para consulta, ou não existem informações consolidadas disponibilizadas pelos diversos órgãos atuantes. Porém, muitas vezes, os sistemas de saneamento em loteamentos de pequeno porte são construídos e entregues às comunidades ou prefeituras que não possuem condições técnicas e/ou financeiras de garantir sua operação e manutenção, ficando comprometida a prestação de um serviço básico de fundamental importância para a saúde da população e a qualidade do meio ambiente.

O saneamento básico possuí um marco legal dado pela Lei 11.445 de 2007. Em 2020, a Lei 14.026, que está sendo chamada de novo marco legal do saneamento, trouxe, entre outras inovações, uma nova maneira de se avaliar os indicadores de saneamento, incluindo as comunidades isoladas no computo dos índices de atendimento. Já o Decreto 7217 /2010, que regulamenta a Lei 11.445/07, considera dentro do conceito de loteamentos de pequeno porte as vilas, aglomerados rurais, povoados, núcleos, lugarejos e aldeias, assim definidos pelo IBGE. Destaca-se ainda que, em seu artigo 49, inciso III, a Lei 11.445 prevê, dentre os objetivos da Política Federal de Saneamento Básico, *proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental aos povos indígenas e outras populações tradicionais, com soluções compatíveis com suas características socioculturais*.

Assim, os olhares se voltaram com mais atenção para formas de atendimento das comunidades isoladas com os serviços de saneamento básico, aqui entendidos nos quatro pilares que o compõem: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem.

Em anos mais recentes, há exemplos de programas de saneamento rural nos eixos de abastecimento de água e esgotamento sanitário estruturados na filosofia de governança colaborativa com a população beneficiada. Sistemas já implantados e operados com sucesso podem ser encontrados especialmente no Ceará, na Bahia e em Pernambuco. Estas iniciativas estão sendo implantadas dentro do conceito de Sistema Integrado de Saneamento Rural – SISAR.

Este trabalho propõe, como referência, a aplicação do modelo de gestão compartilhada SISAR em projeto piloto em comunidades quilombolas na Região do Vale do Ribeira. A proposta visa contribuir para a universalização do saneamento no estado de São Paulo. O projeto pretende ser estratégico e sustentável, fomentando e fortalecendo as ações previstas no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 6 (assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos), principalmente com foco em “apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento”.

A região do Vale do Ribeira tem um dos menores IDH do estado de São Paulo. Está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 11, com o total de 379.937 habitantes, sendo a população urbana de 271.681 habitantes e a população rural de 108.256 habitantes (SISAN, 2021). A região possui 30 comunidades reconhecidas como remanescentes de quilombos (ITESP,2021). A região assiste à implementação do Programa Vale do Futuro, ação do governo do Estado para desenvolvimento da região, com metas até 2030.

Por estarem as comunidades organizadas e identificadas, e por haver déficit de serviço de saneamento na região, este trabalho propõe um estudo piloto de gestão compartilhada de saneamento em comunidade quilombola. O atendimento às comunidades quilombolas que possam vislumbrar o projeto de gestão compartilhada será realizado considerando as peculiaridades sociais, culturais, tradicionais, locais e não somente na análise técnica, sobretudo na consideração de modelos que tornem a solução pactuada com a população beneficiada.

2. OBJETIVO

- Contribuir para a universalização do saneamento no Estado de São Paulo;
- Estudar tecnologias sociais, adequadas as condições de pagamento da população beneficiada e viabilizar projeto piloto em comunidades quilombolas;
- Fomentar e fortalecer as ações previstas no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 6 (assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos), integrado aos demais objetivos, como o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), ODS 7 (Energia Limpa e Acessível), o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global) e o ODS 14 (Vida na Água), entre outros;

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho está em desenvolvimento com base na experiência exitosa de implantação do SISAR nos estados do Ceará e de Pernambuco, considerando os planos municipais de saneamento (concluídos e atualizados) para o estado de São Paulo.

Como o foco da gestão do saneamento no Brasil sempre foi maior na área urbana, considerando inviável econômico financeiramente o saneamento em loteamentos de pequeno porte, distantes dos aglomerados urbanos geralmente atendidos através de redes de abastecimento de água e de coleta de esgotos, torna-se necessário buscar modelos de gestão para solucionar essa demanda.

O estudo levantou referências bibliográficas, webinars, realizou contatos com especialistas em modelos de gestão compartilhada do saneamento e abordou de forma abrangente descrição sucinta dos sistemas: CENTRAL da Bahia, Modelo SISAR e Modelo de Pernambuco.

4. GESTÃO COMPARTILHADA DO SANEAMENTO RURAL

Diferentemente das áreas urbanizadas, comunidades distantes dos núcleos urbanos comumente não são inseridas nos contratos de prestação de serviços de saneamento, ficando a solução de abastecimento de água e esgotamento sanitário por responsabilidade do próprio usuário. Cabe assim ao usuário buscar, tanto quanto possível, uma fonte de água e uma forma de disposição de esgotos domésticos. Soluções compartilhadas para gestão desse serviço ocorrem quando os usuários se juntam em associações e, com apoio técnico e financeiro conseguem implantar minimamente uma estrutura de produção de água potável e de tratamento de esgotos sanitários. Porém, além da implantação, a gestão das estruturas e demais ações necessárias é feita também de forma compartilhada.

A seguir serão brevemente citados alguns exemplos exitosos de gestão compartilhada de saneamento:

4.1. O MODELO DA CENTRAL DA BAHIA:

A Central de Associações Comunitárias foi o primeiro modelo de Gestão compartilhada, sem fins lucrativos, que surgiu na área do saneamento rural, com o objetivo de garantir a operação e manutenção dos sistemas de abastecimento de água tratada e esgotamento sanitário, proporcionando melhoria na qualidade de vida da população rural, via gestão compartilhada com associações comunitárias que possuam sistemas de água e esgoto. Estas associações atuam na forma de uma federação.

4.2. O MODELO SISAR:

O Sistema Integrado de Saneamento Rural - SISAR, é uma federação de associações de comunidades rurais criada para fazer a gestão compartilhada do saneamento, especialmente estruturas de abastecimento de água e/ou esgotamento sanitário. É uma organização da sociedade civil sem fins econômicos e congrega associações de comunidades localizadas na mesma bacia hidrográfica. A gestão do sistema é compartilhada entre a respectiva associação e o SISAR (SISAR, 2021).

As associações se encarregam da administração local dos sistemas no que diz respeito à leitura dos hidrômetros, fiscalização, operação e distribuição das contas e sua posterior arrecadação. A manutenção e o gerenciamento dos sistemas cabem à federação das associações (o SISAR), que possuí um quadro técnico mínimo, formado por moradores das comunidades, para isto. Pode ser considerado uma tecnologia social por incorporar uma abordagem organizacional inovadora.

O modelo SISAR surgiu no Ceará, a partir da necessidade de se conseguir que os sistemas implantados chegassem pelo menos à sua vida útil projetada de 20 anos. Foi criado em 1996 justamente para facilitar o desenvolvimento e manutenção dos sistemas implantados pela CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) de forma autossustentável. Atualmente, o sistema atua em 152 municípios do Ceará, atendendo mais de 825 mil pessoas, mediante 185 mil ligações de água (SISAR, 2022).

4.3. O MODELO DE PERNAMBUCO:

Em 2018, o Estado de Pernambuco desenvolveu um estudo intitulado "Estudo de Modelos de Gestão de Sistemas Rurais de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário" (PERNAMBUCO, 2018), no qual os autores destacam dois pontos principais para a análise: o tipo de especialidade técnica necessária para gerir esses sistemas (base voluntária, semiprofissional e profissional) e o porte da comunidade: rurais dispersas, rurais vilas, rurais distritos.

Segundo apresenta Guimarães (2021), no caso de Pernambuco, foi adotado com êxito o modelo SISAR, onde o Poder Público estadual e municipal fica empenhado na implementação da política de saneamento rural, na captação de recursos financeiros bem como na priorização das ações. A gestão é feira de modo compartilhado, sendo que cada ator desempenha atividades específicas:

- Papel do SISAR: faz a gestão comercial, contábil, administrativa, manutenção especializada e desenvolve atividades de educação socioambiental;
- Papel das Associações Comunitárias: opera o sistema, faz pequenos consertos, controla e paga a conta de energia, faz a leitura dos hidrômetros, entrega as contas dos moradores e faz a cobrança;
- Papel da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA): especifica padrões de projeto e obras, monitora os resultados, realiza análise de amostras de água e acompanha a gestão.

5. PROGRAMA VALE DO FUTURO / VALE DO RIBEIRA

O Governo do estado de São Paulo, com o objetivo de transformar uma das regiões mais ricas em biodiversidade do Estado em modelo de desenvolvimento regional baseado na exploração sustentável da riqueza socioambiental da Mata Atlântica, lançou em outubro de 2019, o Programa Vale do Futuro, em parceria entre estado, prefeituras e organizações da sociedade civil, para implementar projetos de desenvolvimento sustentável, geração de renda, conservação e melhoria da qualidade de vida da população do Vale do Ribeira (SÃO PAULO, 2021b). A região é formada pela Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape e Complexo Estuarino Lagunar de Iguape-Cananeia-Paranaguá.

Conforme informações disponibilizadas em São Paulo,2021b, são 22 municípios da região mais vulnerável do Estado (Figura 1), localizados em área de 16.681 km^2, com PIB per capta de R$ 24,6 mil e IDH 0,711. Terão direcionamento estratégico até 2030, impulsionando ações de curto, médio e longo prazo para o desenvolvimento social e econômico do Vale do Ribeira.

O programa envolve todas as áreas do Governo, com 20 secretarias estaduais e todos os prefeitos de cidades do Vale do Ribeira integrados. Com a coordenação da Secretaria de Desenvolvimento Regional (SDR), os principais objetivos são:

- alavancar a atividade econômica nos municípios da região;
- eliminar gargalos sociais de curto prazo;
- fomentar projetos de preservação ambiental e desenvolvimento sustentável;
- realizar obras e projetos de melhoria da qualidade de vida na região.

Figura 1 – Área abrangida pelo Programa Vale do Futuro

Fonte: São Paulo, 2021b

A Tabela 1 apresenta as instituições que estão atuando no âmbito do Programa Vale do Futuro.

6. CARACTERIZAÇÃO DO VALE DO RIBEIRA

As cabeceiras do rio Ribeira do Iguape se localizam no Paraná, no município de Serro Azul e sua bacia se estende por uma vasta região de aproximadamente 16.528 km2, abarcando territórios dos Estados de São Paulo (70%) e Paraná (30%). Sua topografia irregular, o solo e o clima, contribuíram para o desenvolvimento de um complexo mosaico de ecossistemas variando das extensivas restingas perto da costa até a densa floresta úmida tropical nas encostas da Serra de Paranapiacaba. Essa variedade de formações, genericamente conhecida como "Mata Atlântica", abriga uma das maiores taxas de biodiversidade do mundo. Embora localizada relativamente próxima da cidade de São Paulo e de sua área metropolitana, a mais industrializada e de maior população do Brasil, a região do Vale do Ribeira (que ocupa 10% do território paulista) tem a menor taxa de densidade populacional e concentra a maior parte dos remanescentes da Mata Atlântica do Estado de São Paulo. Aproximadamente 60% da área do Vale do rio Ribeira de Iguape é recoberta por essa vegetação, sujeita a restrições legais de uso de diversos graus e, além disso, 20% do território do Vale do Ribeira é constituído de Parques, Estações Ecológicas e outros tipos de unidades de conservação ambiental. A Bacia Hidrográfica do rio Ribeira do Iguape é composta por 23 municípios, com uma área total de 16.771 km2 e uma população de mais de 300 mil habitantes.(RTC-Pedro_Cubas_Cima,1998) O Vale situa-se na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul – UGRHI 11, um importante reservatório de água doce do Estado de São Paulo, que forneceu 4,7 m3/s a partir da cachoeira do França, para o sistema São Lourenço que abastece a Região Metropolitana de São Paulo – RMSP (ITESP, 2021).

Tabela1: Instituições que atuam no Programa Vale do Futuro

Instituição	Área de atuação	Metas previstas
Governo do Estado de São Paulo	Programa Vale do Futuro	Desenvolver a região em parcerias com stakeholders; investimento de mais de 1 bilhão de reais em dinheiro público.
Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente Municípios Beneficiados	Implantação de USI (Unidade Sanitária Individual) (Programa Água é Vida)	Repasse dos ativos para o município; Repasse dos ativos para Associação Comunitária local.
Secretaria de Desenvolvimento Social do Estado	Programa Prospera Família	Geração de renda, autonomia e mobilidade social. Investimento de mais de R$63 milhões para 12 ml famílias beneficiadas
Secretaria de Agricultura-Desenvolvimento Rural Sustentável	Programa Cidadania no Campo Apoio aos agricultores locais com a compra de maquinários e fortalecer o envolvimento social da população beneficiada.	Serão investidos mais de 200 milhões
SABESP	Prestadora de serviços de saneamento em áreas urbanas e aglomerados urbanos	Atua de forma direta na prestação de serviços
ARSESP+SIMA	Revisão dos PMS, incluindo áreas rurais	Apoio na gestão para o município
Fundação ITESP	Implantação de Unidade Sanitária Individual – USI em núcleos quilombolas	Investimento previsto no valor de R$505.000,00 – recurso FECOEP Assistência técnica e extensão rural (ATER)
SEBRAE- Escritório Regional (ER) do Sebrae-SP no Vale do Ribeira	Desenvolver ações relacionadas a projetos integrados.	Foco na capacitação dos moradores da região para abrir novos empreendimentos.

Fonte: autoria própria com base em São Paulo, 2021b

7. FORMAÇÃO DE QUILOMBOS NO VALE DO RIBEIRA

A palavra quilombo é originária do idioma africano quimbundo, que significa: “sociedade formada por jovens guerreiros que pertenciam a grupos étnicos desenraizados de suas comunidades”. Atualmente a definição mais comum de quilombo é: “uma comunidade negra rural habitada por descendentes de africanos escravizados, com laços de parentesco, que vivem da agricultura de subsistência, em terra doada, comprada ou secularmente ocupada por seus antepassados, os quais mantêm suas tradições culturais e as vivenciam no presente, como suas histórias e seu código de ética, que são transmitidos oralmente de geração a geração” (ISA,2008).

Considerada também como “comunidade negra rural habitada por descendentes de africanos escravizados, com laços de parentesco, que vivem da agricultura de subsistência, em terra doada, comprada ou secularmente ocupada por seus antepassados, os quais mantêm suas tradições culturais e as vivenciam no presente, como suas histórias e seu código de ética, que são transmitidos oralmente de geração a geração (ISA,2008).

O Vale do Ribeira é a região do Estado de São Paulo onde se encontra maior parte das comunidades quilombolas. A diversidade social, ambiental e cultural ali existente não se compara a qualquer outra região do Brasil. Tal especificidade se justifica pelo fato de que é no Vale do Ribeira que se concentram um dos últimos remanescentes de Mata Atlântica do Brasil, e abriga várias comunidades tradicionais e locais, quilombolas, indígenas, caiçaras e agricultores familiares (ISA,2013).

A formação das comunidades quilombolas na região do Vale do Ribeira se deu durante o declínio da primeira fase da mineração na região, em meados do século XVII. São comunidades negras, constituídas por descendentes de negros escravizados, fugidos ou libertos, e vivem na região há mais de 300 anos (somando os anos que nossos descendentes chegaram). Dentro do processo de ocupação da terra, as comunidades sofreram e sofrem diversas dificuldades para o reconhecimento legal de seus territórios.

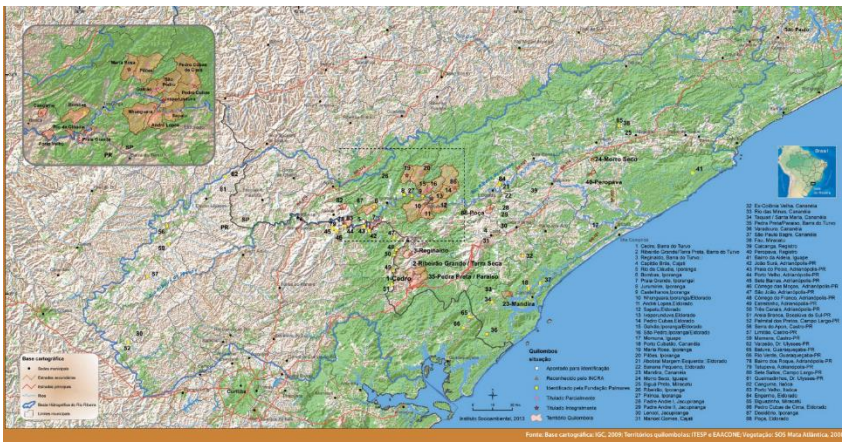
No Protocolo de Consulta Prévia dos Territórios Quilombolas do Vale do Ribeira-SP (EEACONE , 2020), as comunidades negras expressam:

> "Os territórios das comunidades quilombolas são espaços de resistências, de liberdade e construção de autonomia desde a escravidão e até hoje, após 130 (cento e trinta) anos da abolição formal e inconclusa, em um país em que temos o racismo como instrumento de opressão da população negra. Em nossos territórios desenvolvemos nossa cultura, celebrações, formas de expressão, modos e formas de fazer, crenças, nos organizamos, nos curamos, e produzimos artesanatos, tecnologias, alimentos, construímos e compartilhamos saberes e trajetórias".

No Vale do Ribeira, após o declínio da mineração de ouro na região e mais tarde das lavouras de arroz, muitos trabalhadores ex-escravos se fixaram em terras abandonadas pelos fazendeiros, formando comunidades negras existentes até hoje. Boa parte dessas comunidades espraiam-se ao longo das duas margens do Rio Ribeira de Iguape, entre os municípios de Iporanga e Eldorado. Com essa forma de apropriação dos espaços, as populações descendentes de escravos mantiveram seus laços históricos e de parentesco. Por outro lado, a região apresenta questões que lhe são próprias. (ISA,2013). Segundo Bernini (2019), o Vale possuí 66 territórios quilombolas e 10 terras indígenas.

As terras das comunidades quilombolas onde vivem descendentes de escravos foram reconhecidas como a elas pertencentes pela Constituição de 1988. O movimento pelo reconhecimento dos quilombos do Vale do Ribeira foi apoiado pelo tombamento da Igreja de Nossa Senhora do Rosário pelo CONDEPHAT, pela ação da Igreja Católica, de movimentos ambientalistas e de associações locais (DIEGUEZ, 2007). Eldorado é o município com maior número de quilombolas em processo de reconhecimento. Os quilombolas permaneceram na região praticando a agricultura e artesanato. A figura 2 traz a localização espacial de todos os quilombos no Vale do Ribeira. Foi editada pelo ISA no Inventário Cultural dos quilombos do Vale do Ribeira (ISA,2013).

Figura 2- Localização espacial dos quilombos do Vale do Ribeira



Fonte: ISA, 2013

A Fundação ITESP atualmente é o órgão responsável pelo planejamento e execução das políticas agrária e fundiária do estado de São Paulo; presta assistência técnica para 1.445 famílias quilombolas, distribuídas em 14 municípios (ITESP,2021).

Em 1998 foram reconhecidas as primeiras comunidades como remanescentes de quilombos, que já somam 36 em todo o Estado, sendo 6 tituladas em terras públicas estaduais. Mais de 1,4 mil famílias vivem nas comunidades, localizadas em 14 Municípios. Na Tabela 2, estão listadas 30 comunidades remanescentes de quilombos na região do Vale do Ribeira com cerca de 1173 famílias moradoras.

Tabela 2 – Comunidades reconhecidas como remanescentes de quilombos

Nº	Comunidade	Município	Famílias	Área total (ha)	Ano Reconhecimento
1	Ivaporunduva	Eldorado	98	2.754,36	1998
2	Maria Rosa	Iporanga	25	3.375,66	1998
3	Pedro Cubas	Eldorado	40	3.806,23	1998
4	Pilões	Iporanga	63	6.222,30	1998
5	São Pedro	Eldorado/Iporanga	39	4.688,26	1998
6	André Lopes	Eldorado	76	3.200,16	2001
7	Nhunguara	Eldorado/Iporanga	91	8.100,98	2001
8	Sapatu	Eldorado	82	3.711,62	2001
9	Galvão	Eldorado/Iporanga	34	2.234,34	2001
10	Mandira	Cananéia	16	2.054,65	2002
11	Praia Grande	Iporanga	34	1.584,83	2002
12	Porto Velho	Iporanga	19	941	2003
13	Pedro Cubas de Cima	Eldorado	22	6.875,22	2003
14	Cangume	Itaóca	37	724,6	2004
15	Camburi	Ubatuba	39	972,36	2005
16	Morro Seco	Iguape	47	164,69	2006
17	Poça	Eldorado/Jacupiranga	41	1.126,14	2008
18	RibeirãoGrande/Terra Seca	Barra do Turvo	77	3.471,04	2008
19	Cedro	Barra do Turvo	23	1.066,11	2009
20	Reginaldo	Barra do Turvo	94	1.279,68	2009
21	Pedra Preta/Paraiso	Barra do Turvo	80	3.280,26	2009
22	Peropava	Registro	25	395,98	2011
23	Bombas	Iporanga	16	2.512,73	2014
24	Aldeia	Iguape	17	7.350,63	2014
25	Abobral Margem Esquerda	Eldorado	38	3.459,23	2014
26	Engenho	Eldorado	15	534,11	2014
27	Ex Colonia Velha	Cananéia	10	2.399,,02	2015
28	Biguazinho	Miracatu	9	792,47	2018
29	Piririca	Iporanga	14	1.081,50	2018
30	Ostra	Eldorado	17	238,63	2018
Total de famílias no Vale			1173		

Fonte: ITESP, 2021

8. O PROJETO PILOTO - PROPOSTA

Desde o século passado os investimentos tanto públicos quanto privados concentram-se com ações em grandes centros urbanos e regiões metropolitanas, considerados com melhor performance e expectativa de retorno financeiro. As populações em localidades e aglomerados rurais dos municípios permaneciam, e permanecem, à margem do Estado brasileiro, carecendo de ações e serviços públicos em todas as áreas fundamentais para o desenvolvimento e bem-estar do ser humano. Como exemplo local, citamos que foi implantado uma ETA para abastecer uma padaria montada em um quilombo. A unidade operacional parou

de funcionar e não havia ninguém para realizar a manutenção. Até hoje a ETA está desativada. Há USIs (Unidades Sanitárias Individuais) instaladas, porém dá problemas de entupimentos, extravasamentos, não há sucção do lodo gerado e nem a limpeza dos equipamentos. O esgoto fica extravasando a céu aberto.

O novo marco de saneamento prevê a universalização dos serviços de água e esgoto até 2033 e traz diretrizes para atualização e revisão dos Planos Municipais de Saneamento. É importante destacar que, na avaliação de possível implementação do modelo de gestão compartilhada, deverão ser considerados aspectos culturais, técnicos, econômicos, políticos, sociais, tecnológicos, de produção e de consumo sustentáveis, de educação e de cidadania.

Nossa proposta de trabalho pretende contribuir para ampliação do saneamento de população de baixa renda. A região do Vale do Ribeira/Vale do Futuro conta com 100 km de litoral e 21% de toda a Mata Atlântica remanescente do país, além de abrigar 30 comunidades quilombolas e 10 aldeias indígenas. Os 22 municípios inseridos na Região do Vale do Ribeira apresentam IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) de 0,711 (nível médio), abaixo da média estadual de 0,783 (nível alto).

No caso de infraestrutura de saneamento, não há muitos dados. Foram encontradas algumas citações na Agenda Socioambiental (ISA,2008) em tabela produzida através das oficinas temáticas realizadas junto aos moradores de quilombolas, com ações, responsáveis, priorização. Há um item para melhoria na captação da água e equipamentos de distribuição, ter coleta de lixo e instalação de rede de esgoto e tratamento. No Relatório de Pedro Cubas de Cima (um dos quilombos da região), é citada a poluição e assoreamento do rio Pedro Cubas, maior afluente do Rio Ribeira do Iguape, causada pelas atividades agrícolas que causam alteração no sabor e cor da água.

Neste contexto, e considerando as metas e investimentos previstos no Programa Vale do Futuro para melhorar as condições de vida e transformar a região, consideramos que a implantação de projeto piloto de gestão compartilhada do saneamento em comunidades isoladas de municípios do Vale do Ribeira deve alavancar e promover ações para atingir coesão social, governança gestora integradora na região, entre vários desafios.

9. CONCLUSÕES /RECOMENDAÇOES

A gestão compartilhada tomando como referência o SISAR é um modelo promissor para atender o saneamento de quilombos na região do Vale do Ribeira/Vale do Futuro e contribuir para a universalização do saneamento no estado de São Paulo;

O Modelo é exitoso no Ceará e Pernambuco, pois é um Programa de Governo;

O Programa Vale do Futuro, em parceria entre estado, prefeituras e organizações da sociedade civil, prevê metas para implementar projetos de desenvolvimento sustentável, geração de renda, conservação e melhoria da qualidade de vida da população do Vale do Ribeira (SÃO PAULO, 2021b). A proposta para implantar o Modelo de Gestão compartilhada em quilombolas irá contribuir para o Programa atingir as metas previstas;

Muitas comunidades assentadas em quilombos possuem abastecimento de água sem a gestão adequada desse sistema. A inexistência de uma gestão local é perceptível com os frequentes problemas relacionados ao não atendimento ao padrão de potabilidade da água, à falta de manutenção, a dificuldade para realização de reparos simples, e isso leva a população à consumir água de má qualidade e lançar inadequadamente o esgoto sanitário domiciliar;

Os quilombos não têm o esgotamento e tratamento de esgotos adequados em suas comunidades, podendo causar a polução dos recursos hídricos, e, principalmente, podendo causar a contaminação da água que a população residente está consumindo;

A proposta de implantar um sistema de gestão compartilhada, onde a população quilombola irá fazer a gestão dos sistemas, evitará a continuidade da inexistência do acompanhamento e assistência pós obras;

É importante destacar que SISAR é uma organização da sociedade civil sem fins econômicos e congrega associações de comunidades localizadas na mesma bacia hidrográfica. A gestão do sistema é compartilhada entre a respectiva associação e o SISAR (SISAR, 2021);

As associações se encarregam da administração local dos sistemas no que diz respeito à leitura dos hidrômetros, fiscalização, operação e distribuição das contas e sua posterior arrecadação. A manutenção e o gerenciamento dos sistemas cabem à federação das associações (o SISAR), que possuí um quadro técnico mínimo, formado por moradores das comunidades;

O Modelo SISAR não é um sistema que implanta obras de saneamento, mas sim um sistema de gestão, que funciona de maneira compartilhada, envolvendo a comunidade local nas tomadas de decisões e nas realizações dos serviços. Esse modelo de gestão cria espaços para a participação da comunidade desde o processo de solicitação do sistema ao processo de construção e implantação. Essa participação social não só melhora a que a divisão de tarefas entre as instituições contribui para o desenvolvimento do sistema, pois cada um exercendo seu papel adequadamente, o programa se desenvolve com mais eficiência;

É recomendável que a estruturação do abastecimento de água e do esgotamento sanitário em loteamentos de pequeno porte seja Programa com suporte técnico e aporte financeiro do Governo do Estado.

REFERÊNCIAS

[1] BERNINI, C.I. A Região do Vale do Ribeira e as políticas sociais e ambientais: (des) encontro com as práticas de uso comum. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas/MS. nº 29. Ano 15, Maio de 2019.

[2] CENTRAL. Central de Associações Comunitárias para Manutenção dos Sistemas de Saneamento. Bahia. Site. Disponível em https://www.centraldeassociacoes.com.br/ . acesso em 18/05/21.

[3] DIEGUEZ, A.C. O Vale do Ribeira e Litoral de São Paulo: meio-ambiente, história e população. CENPEC – Centro de estudos e pesquisas em educação, cultura. 2007.

[4] EAACONE. Equipe de Articulação e Assessoria às Comunidades Negras do Vale do Ribeira SP/PR. Protocolo de Consulta Prévia dos Territórios Quilombolas Vale do Ribeira-SP, novembto/2020

[5] GARRIDO, J.; ROCHA, W; COLLET, H.; GAMBRILL, M; KIRCHNER, L.; ABICALIL, THADEU. Estudo de modelos de gestão de serviços de abastecimento de água no meio rural no Brasil. Banco Mundial. Brasília, junho 2016.

[6] GUIMARÃES, S.M. Modelo de Gestão e Estratégia para ampliação do Saneamento Rural em Pernambuco. Palestra apresentada na ABES, seção São Paulo, 16 de junho de 2021.

[7] ISA. Agenda Socioambiental. 2008.

[8] ISA. Instituto Socioambiental. Inventário cultural de quilombos do Vale do Ribeira. editores Anna Maria Andrade, Nilto Tatto. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2013.

[9] ITESP. Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo. Relatório técnico-científico sobre os remanescentes da comunidade de quilombo de Pedro Cubas, no Vale do Ribeira/São Paulo. São Paulo: Itesp, 1998.

[10] ITESP. Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo. Site. Disponível em https://www.saopaulo.sp.gov.br/orgaos-e-entidades/fundacoes/fundacao-itesp/. Acesso em: 15 mai.2021.

[11] PERNAMBUCO. Governo do Estado. Modelos de Gestão de Saneamento Rural Pernambuco. Acordo de Empréstimo do Governo do Estado com Banco Mundial Nº 7778 – BR. Recife, 2018.

[12] PREFEITURA MUNICIPAL DE ELDORADO. Plano Municipal De Saneamento Básico. Relatório R4. 2010

[13] SÃO PAULO (Estado). Fundação SEADE - Sistema Estadual de Análise de Dados. Site. Disponível em https://populacao.seade.gov.br/populacao-urbana-e-rural. Acesso em 11jan.2022.

[14] SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente – SMA. ZEE- Zoneamento Ecológico-Econômico setor costeiro do Vale do Ribeira, 2014- depoimento de apoio a consulta pública. Disponível em https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cpla/2018/05/zoneamento-ecologico-economico-setor-costeiro-do-vale-do-ribeira-2014/. Acesso em: 14 mai.2021.2021a.

[15] SÃO PAULO (Estado). Programa Vale do Ribeira Vale do Futuro. Site. Disponível em https://www.saopaulo.sp.gov.br/valedofuturo/. Acesso em: 10 mai.2021. 2021b.

[16] SÃO PAULO (Estado). SISAN – Sistema de Informação de Saneamento do Estado de São Paulo. Disponível em http://www.sisan.sp.gov.br/ASP/sig/GERAL/inform_gerenc_DG_GERA. Acesso em 17 mai.2021.

[17] SISAR - Sistema Integrado de Saneamento Rural. Modelo de Gestão SISAR. Prêmio ODS Brasil 2018. Disponível em http://www.sisar.org.br/noticias/sisar-vence-o-premio-ods-brasil/. Acesso em 15 abr.2021.

[18] SISAR - Sistema Integrado de Saneamento Rural. Um sistema autossustentável e economicamente viável. Disponível em http://www.sisar.org.br/ . Acesso em 21.jan.2022

[19] SISAR. Confederação Sistema Integrado de Saneamento Rural – Disponível em http://www.SISAR.org.br/wp-content/uploads/BibliotecaSISAR/Artigos/SFL-Modelo-de-Gest%C3%A3o-SISAR-final.pdf. Acesso em 15 abr.2021.

Capítulo 17

Riscos ambientais e sociais inerentes aos processos de queima de resíduos sólidos urbanos

Elio Lopes dos Santos
Jeffer Castelo Branco
Rafaela Rodrigues da Silva
Paulo José Ferraz de Arruda Júnior

Resumo: A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) não é uma simples política de destinação de resíduos (lixo), mas sim um complexo aparato legal que abarca princípios estratégicos com vistas no Desenvolvimento Sustentável. Portanto, a destinação de resíduos deve atender os três importantes e indissociáveis pilares, o ambiental, o social e o econômico, observando com rigor o Princípio da Precaução, o que exige uma análise que agregue o olhar ampliado dos mais variados setores do conhecimento, sem o qual não serão atingidos os objetivos da PNRS. Nesse sentido, o presente estudo, que utiliza fontes bibliográficas e documentais para o embasamento analítico e a experiência dos autores nas áreas do direito social, ambiental e na fiscalização e operação dos incineradores, busca criticamente apresentar os gargalos insanáveis da incineração de resíduos sólidos urbanos, considerando o atual estágio de tecnologia e conhecimento, e apontar caminhos sustentáveis para sua destinação e tratamento.

Palavras-Chave: Incineração, URE, recuperação de energia, RSU, CDR.

1. INTRODUÇÃO

Criada em 2010 para direcionar governos regionais e locais na gestão de lixo e rejeitos (doravante resíduos), a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei Federal nº 12.305 de 2 de agosto de 2010) é essencial para a preservação ambiental e o cuidado com a saúde das pessoas e populações, evitando a proliferação de doenças oriundas da liberação de substâncias químicas tóxicas perigosas e a disseminação de materiais orgânicos patogênicos infectados. Conforme a PNRS, é considerado resíduo sólido todo o material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, sendo que nessa definição enquadram-se os resíduos sólidos urbanos (RSU) e os resíduos sólidos domésticos (RSD), comumente tratados como lixo.

No presente trabalho trataremos ambos, RSU e RSD, como RSU. Há na PNRS uma lista de prioridades e hierarquia para a administração dos resíduos: Não geração; Redução; Reutilização; Reciclagem; Tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Passados 10 anos da publicação da PNRS verifica-se que não há no país a implantação de uma política efetiva a essas cinco prioridades.

A única ação tem sido a destinação para lixões ou aterros sanitários com quase nenhum tipo de aproveitamento do resíduo, criando continuamente depósitos insalubres de resíduos sólidos. Logo, lixões e aterros sanitários não são as soluções ideais para a destinação de resíduos. Junta-se ao fato a ineficiência e ineficácia dos gestores nessa questão, uma vez que em média, a reciclagem não atinge 5% dos resíduos gerados no país.

A PNRS não se limita a uma simples política de destinação de resíduos, mas engloba um complexo aparato legal que considera de forma articulada princípios-chaves do Meio Ambiente e da Saúde: Prevenção, Precaução e Promoção de Saúde. Também reafirma os objetivos do Desenvolvimento Sustentável em seus três pilares indissociáveis: ambiental, social e econômico.

Hodiernamente a reciclagem é uma das poucas formas com que muitas famílias e pessoas em situação de extrema vulnerabilidade social ou vivendo em situação de rua têm para se sustentarem. Para essas pessoas a catação de recicláveis é um dos poucos meios para manutenção de suas necessidades mais básicas, sendo essa uma atividade essencial para os segmentos mais fragilizados da sociedade.

O Resíduo Sólido Urbano (RSU) pode ser totalmente reaproveitado, a parte orgânica, como restos de alimentos, vegetais e outros materiais orgânicos podem gerar biofertilizantes e biogás, por exemplo. Plásticos, papéis, tecidos entre outros, podem ser reutilizados ou reciclados e quanto aos rejeitos que são gerados nesse processo, desafiam a busca de novas rotas tecnológicas para tratá-los e reaproveitá-los ou eliminar sua produção.

A Comissão de Meio Ambiente da Assembleia de Londres (2018) discorre em seu relatório que o modelo linear (produção-uso/consumo-descarte), ao adotar a geração de energia a partir da queima de RSU, impede que os recicláveis participem de uma economia circular, o que contribui para esgotar ainda mais os recursos naturais. O relatório sustenta que a geração de energia a partir da queima de materiais que poderiam ser reciclados eliminam incentivos financeiros à reciclagem, sendo que tais incentivos são essenciais para o desenvolvimento da cadeia de reciclagem.

Por fim, essa Comissão salienta, de forma negativa, que os investimentos em incineradores com URE (Unidade de Recuperação de Energia) devem ser cobertos a partir da garantia de um fluxo de pagamentos, geralmente através de contratos com as prefeituras locais. Os contratos são frequentemente longos - a maioria tem mais de 20 anos. Os termos dos contratos podem englobar: pagamentos anuais mínimos ou uma taxa fixa mesmo se houver uma baixa tonelagem de resíduos, que podem minar os esforços das autoridades locais em reduzir a produção de resíduos, ou enviá-los para outros destinos, tais como a reciclagem, compostagem e a biodigestão anaeróbica (ECO-CYCLE, 2011; XIAONING *et al*., 2019).

Assim, no presente Artigo objetiva-se apresentar os insanáveis gargalos da incineração de resíduos sólidos urbanos, considerando o atual estágio de tecnologia e conhecimento, bem como apontar caminhos sustentáveis para sua destinação e tratamento. Nesse processo utilizou-se a pesquisa bibliográfica, documental e a experiência profissional dos autores nas áreas da saúde socioambiental, direito ambiental, controle ambiental, operações industriais e incineração de resíduos

2. RSU NA PRODUÇÃO DE CDR

Abrindo a contraditória tendência de retomar a incineração no Brasil, processo combatido mundialmente há décadas, em 2017 houve a edição e publicação da Resolução da Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo, SMA nº 38 de 31 de maio de 2017 que estabeleceu diretrizes e condições para o licenciamento e a operação da atividade de recuperação de energia proveniente do uso de Combustível Derivado de Resíduos Sólidos Urbanos (CDRU) em Fornos de Produção de Clínquer (Fornos de Cimento, Cimenteiras).

Na administração federal, os Ministérios de Meio Ambiente, o de Minas e Energia e o de Desenvolvimento Regional editaram e publicaram a portaria Interministerial nº 274 de 30 de abril de 2019, que trata da recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos em Unidades de Recuperação de Energia (URE), referida no § 1º do art. 9º da Lei nº 12.305 de 2010 e no art. 37 do Decreto nº 7.404 de 2010. No entanto, frise-se, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental.

Três anos depois aprofunda-se essa tendência com a edição e publicação da Resolução da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente de São Paulo, SIMA nº 047 de 29 de agosto de 2020, que ao revogar a Resolução SMA nº 38/2017 e estabelecer novas diretrizes e condições para o licenciamento de unidades de preparo de Combustível Derivado de Resíduos Sólidos (CDR), com o pretexto de recuperação de energia proveniente do uso de CDR, terminou por ampliar essa atividade para outros tipos de fornos e resíduos.

Para a harmonização da legislação estadual e federal, em 2020 foi editada e aprovada a Resolução CONAMA nº 499 de 06 de outubro de 2020 que, a exemplo de São Paulo, autoriza a queima de lixo urbano em fornos de cimento, complementando a Portaria Interministerial nº 274 de 30 de abril de 2019, que autoriza a queima de RSU em UREs, sendo que essa Portaria define a URE como sendo qualquer unidade dedicada ao tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com recuperação de energia térmica gerada pela combustão, com vistas à redução de volume e periculosidade, preferencialmente associada à geração de energia térmica ou elétrica.

3. IMPLICAÇÕES DO CDR DERIVADO DE RSU

Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são compostos de resíduos inertes e não inertes, onde os componentes químicos contidos nesses resíduos estão nas condições normais de temperatura e pressão, o que lhes conferem alguma estabilidade. Contudo, o processo de tratamento de RSU para produção de CDR limita-se apenas a sua trituração e eliminação de umidade, não removendo os elementos precursores de poluentes perigosos. Assim, ao serem introduzidos em fornos à altas temperaturas, as estruturas das moléculas desses resíduos são rompidas e parte significativa tornam-se ou se recombinam-se, dando origem a outros agentes químicos perigosos, tais como: o hexaclorobenzeno, as bifenilas policloradas, as dioxinas e furanos clorados e bromados e aos fumos de metais de alto peso molecular, os chamados metais pesados que têm efeitos nocivos na saúde humana (LOBO, 2011; MARTINS & GRISWOLD, 2009). Em síntese, a incineração transforma resíduos inertes e não inertes em resíduos perigosos.

Esses agentes, agora nocivos após a exposição térmica, chegam diretamente até a atmosfera, ou agregados nas partículas finas de 10 micras ou ultrafinas iguais ou menores que 2,5 micras, as quais não são integralmente retidas nos filtros de tecido ou em precipitadores eletrostáticos, sendo que alguma melhora é obtida com filtros especiais mais caros (USEPA, 1999c *apud* FORMOSINHO *et al.*; 2000; SANTOS, 2020[a]).

Reduzir, reusar, reutilizar e reciclar conserva mais energia do que a queima em fornos de URE e Cimenteiras e somente resultará em economia de combustível, recuperando pequena parcela de energia comparativamente, se houver desperdício com a queima dos recicláveis, ou seja, contrariando a PNRS e o princípio de adoção da melhor tecnologia e práticas ambientais disponíveis.

Na análise documental selecionou-se um projeto em fase de licenciamento ambiental cuja pretensão é a de instalar em uma cidade situada no litoral do Estado de São Paulo um equipamento de queima de resíduos com capacidade de gerar 50MW/h de energia elétrica com a queima do RSU, dos quais, 42MW/h serão negociados com o Sistema Nacional de Energia. Segundo a empresa, tal unidade estaria dentro da legalidade, supostamente atendendo aos padrões de qualidade e níveis de tolerância estabelecidos pelas normas brasileiras, e afirma que URE não é incinerador e que CDR é combustível de caldeira.

Na presente análise tomou-se como incineração a definição da Diretiva do Parlamento Europeu nº 2000/76/CE, que considera incineração qualquer unidade e equipamento técnico fixo ou móvel dedicado ao tratamento térmico de resíduos, com ou sem recuperação da energia térmica gerada pela combustão. Nesta definição está incluída a incineração de resíduos por oxidação e outros processos de tratamento térmico, como a pirólise, a gaseificação e o plasma, na medida em que as substâncias resultantes do tratamento sejam subsequentemente queimadas.

O processo de incineração de RSU provido de Unidade de Recuperação de Energia (URE), necessita de materiais que são orientados pela PNRS, sobretudo para a não geração, redução, reutilização e reciclagem, sendo esses materiais os que possuem um poder calorífico inferior (PCI) suficiente para justificar a redução no consumo de combustível, o que não seria possível apenas com rejeitos (inservíveis), normalmente inertes e úmidos. Rejeitos que por sua vez, são gerados por falta de gestão, práticas adequadas e de técnica e tecnologia para seu devido tratamento e reaproveitamento na cadeia de recicláveis.

4. INEFICIÊNCIA ENERGÉTICA AO QUEIMAR CDR DERIVADO DO RSU

Além da análise ambiental integrada é necessário exercitar o olhar complexo[1] para compreender as perdas energéticas ao queimar combustível derivado de resíduos sólidos urbanos, vez que, para além dos aspectos ambientais e sociais, é preciso analisar a perspectiva econômica do ponto de vista da saúde socioambiental, considerando sempre a aplicação de melhores tecnologias e melhores prática ambientais. Com base em Lima *et al.* (2018) apurou-se a composição por meio da gravimetria média estimada em 33 municípios de norte a sul do país, conforme quadro 01.

Quadro 01 – Gravimetria do Lixo em 33 cidades brasileiras

M.M.M.	Material orgânico	Plástico	Papel/papelão	Metais	Vidros	Rejeitos
Min.	28	7,7	4,7	0,8	1,2	7,4
Média	44,95	14,15	11,68	2,57	2,87	23,77
Max.	55,1	23	21	3,3	5	33,9

Fonte: LIMA *et al*., 2018 (adaptado).

Para calcular o poder calorífico inferior (PCI) de cada tipo de resíduo utilizou-se dados da literatura científica e do estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT-SP) que apresentou a composição gravimétrica dos resíduos da Baixada Santista. Adotou-se a média dos PCI testados, sendo que o estudo do IPT é mais detalhado em relação aos tipos de resíduos (Quadro 02) e guarda semelhanças com a tabela de Lima *et al.* (2018), por isso será utilizado para verificar o potencial de recuperação de energia em URE e Cimenteira ao procederem a queima de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Em relação ao potencial poluidor buscou-se na literatura especializada as razões do porquê - mesmo estando dentro dos padrões exigidos pela legislação – permanece as emissões perigosas dos processos de incineração, focando os estudos nos metais e poluentes orgânicos persistentes (POPs). Já em relação a recuperação energética, observou-se na literatura que apenas resíduos com poder calorífico inferior (PCI) maior que 2.000 kcal/kg são considerados tecnicamente viáveis para a geração de energia. Ou seja, apenas a secagem do material não será capaz de elevar o seu poder calorífico sem os materiais com PCI igual ou maior que 2.000 kcal/kg. Além de que, secar resíduos significa gastar mais energia, sendo essa uma situação insanável, já que com PCI abaixo de 1.675 kcal/kg a recuperação de energia é inviável, pois exige a adição significativa de combustível fóssil auxiliar.

Para cumprir a Política Nacional de Resíduos Sólidos é preciso observar a gestão integrada de resíduos sólidos, considerando as dimensões política, social, econômica, ambiental e cultural, com controle social (Art. 3º, item XI). Sendo que a lei tem entre seus princípios o desenvolvimento sustentável, a prevenção, a

[1] Compreende-se como complexo, o que é parte do mesmo tecido, "o que é tecido junto" (MORIN, 2001, P.14), é o pensamento que não separa e isola, e sim distingue, une e articula para conhecer o objeto ou fato além de sua aparência, e assim compreendê-lo em sua totalidade, assim como a totalidade que os expressam.

precaução, o poluidor-pagador, o respeito às diversidades locais e regionais, o direito da sociedade à informação e ao controle social, a razoabilidade e a proporcionalidade (Art. 6º, itens I, II, IV, IX, X, XI).

Quadro 02 – Cálculo do Poder Calorífico Inferior Total

Lixo/Resíduos Fração	Composição Gravimétrica	PCI Kcal/Kg	Contribuição ao PCI total kcal/kg	% do PCI Total
Orgânicos	40,40%	957	386,628	11,97%
Plásticos	20,40%	7317	1492,668	46,20%
Longa vida	1,30%	5074	65,962	2,04%
Papelão	4,20%	3597	151,074	4,68%
Papel	6,60%	3597	237,402	7,35%
*Metais	2%	0	0	0,00%
Madeira	1%	2505	25,05	0,78%
*Vidro	2,50%	0	0	0,00%
Borracha	0,90%	7706	69,354	2,15%
Têxteis	4,80%	3458	165,984	5,14%
**Log. Reversa	0,10%	0	0	0,00%
***Rejeitos	15,80%	4030	636,74	19,71%
Total	100,00%	38241	3230,862	100%

* Não combustível: resíduo que não entra em combustão no processo;
**Logística reversa: resíduos eletroeletrônicos, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, pneumáticos, embalagens agroquímicas e óleos lubrificantes;
***Rejeitos: resíduos contaminados biologicamente – papéis sanitários, absorventes, cotonetes, algodão, entre outros (*podem ser tratados e biodigeridos por via anaeróbica*).
Fontes: BRASIL, 2014; ISLAM, 2016; SOARES, 2011; SP/IPT, 2018; LEITE, 2019

Para cumprir na íntegra a PNRS será preciso remover os materiais mais comumente recicláveis, ou seja, papel, papelão e plásticos. Ao fazer isso o PCI dos resíduos sobrantes cai para 1.349,7 kcal/kg, o que inviabiliza a propalada geração de energia. Caso aprofundemos ainda mais as possibilidades de reciclagem, como por exemplo, tratando o material orgânico por rotas mais sustentáveis e economicamente mais viáveis, o PCI do material sobrante cai para 963 kcal/kg.

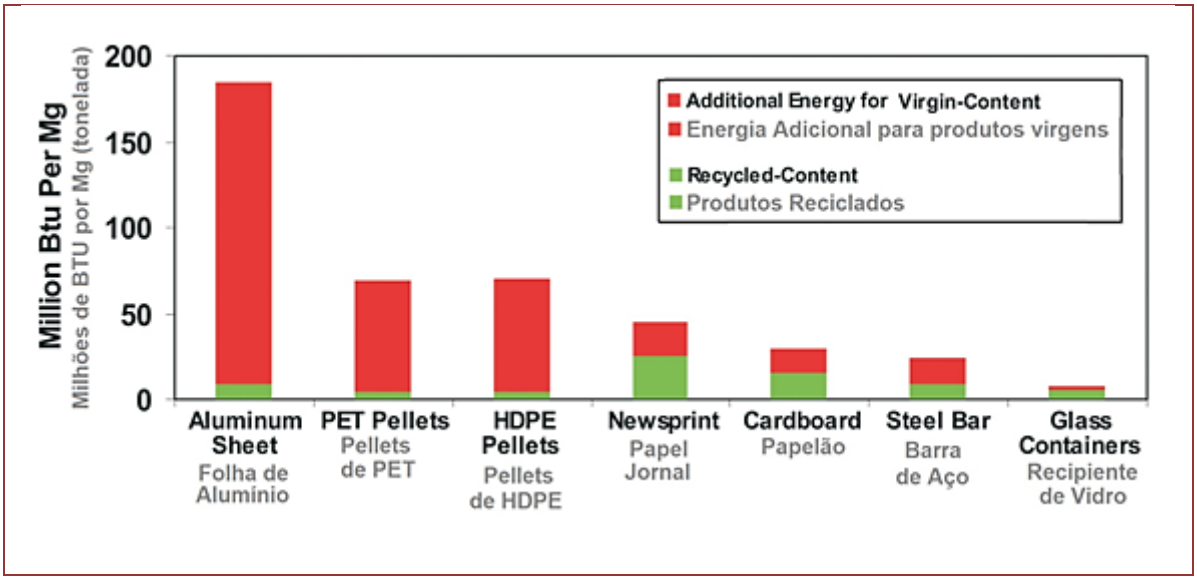
Se a Política Nacional de Resíduos Sólidos for adotada integralmente, removendo e tratando os têxteis, embalagens longa-vida e rejeitos (que devem ser previamente tratados) e eliminando a produção e o uso de invólucros não recicláveis, para continuar gerando energia praticamente será necessário o uso complementar de combustível fóssil em carga total, o que torna a incineração com URE impraticável do ponto de vista ambiental e econômico.

Entre os documentos analisados verifica-se que a queima de RSU em incineradores ou cimenteiras contém várias contradições, tais como, aquela no quesito recuperação de energia, um objetivo claramente inviabilizado, uma vez que, a atividade proposta nesses empreendimentos está em confronto com a Lei Federal nº 12.305/2010. Projetos com URE definem que a recuperação de energia se dá pelo uso do calor dos gases nas caldeiras, após a combustão no forno de incineração em que se processa os resíduos.

Projetos desse tipo omitem que invés de queimarem os resíduos eles fossem de fato reciclados, reusados ou enviados para compostagem e biodigestão anaeróbica, seguindo uma rota em consonância com a prioridade da gestão dos resíduos da PNRS, isto resultaria em uma economia de energia superior àquela gerada pela queima no incinerador.

Observa-se no gráfico 01 que em cada grupo de materiais a parte verde da barra significa o gasto menor de energia com produtos fabricados a partir de materiais reciclados e a parte vermelha o gasto maior de energia quando o mesmo produto é fabricado a partir de matéria-prima virgem extraída da natureza. Nesse aspecto, conservar a energia dos materiais recicláveis é muito mais benéfico ambientalmente do que queimá-los em fornos de URE ou Cimenteira.

Gráfico 01 - Economia de energia com a fabricação a partir de materiais reciclados (MORRIS, 2005)



As altas temperaturas dos fornos de cimento, em torno de 2.000º C, terminaram por fazer com que as empresas utilizassem resíduos industriais, inclusive perigosos, como substitutos de matéria-prima e/ou de combustível, denominando esse processo de coprocessamento (WCA, [s.d.]; SANTOS *et al*., 2020a). O coprocessamento desviou-se da sua finalidade, passando a incinerar resíduos sem que esses fossem substitutos do combustível ou componente útil na formulação do cimento, denominando esse novo processo de coincineração. Alguns agentes indesejáveis dessa atividade, tais como metais pesados, se incorporam à estrutura cristalina do cimento com parte sendo lançadas na atmosfera na forma de fumos metálicos (SANTOS *et. al*., 2020a).

Ressalta-se que a entrada de cloro, bromo ou qualquer outro organo-halogenado no forno de cimento, largamente presente e estabilizado nos RSD e RSU, dá origem à formação de dioxinas/furanos clorados ou bromados, que são emitidos nos gases das chaminés ou se concentram no cimento, o que pode estar sendo determinante para expor os moradores do entorno a esses agentes nocivos (LEGATOR et.al, 1998), assim como os trabalhadores da construção civil e usuários em geral, ao utilizarem do cimento fabricado nessas condições.

Além das dioxinas, outros organoclorados persistentes perigosos podem evaporar a partir da matéria-prima ou de produtos não queimados nas temperaturas mais baixas no pré-aquecedor. Formam-se também a partir da destruição incompleta desses compostos tóxicos presentes no combustível devido às flutuações de temperaturas, ou ainda da recombinação a partir de compostos precursores, na zona de esfriamento dos gases de exaustão, normalmente na área de despoeiramento (FORMOSINHO *et al*., 2000).

Com intuito de oferecer equipamentos para tratamento de resíduos no Brasil, empresas estão apresentando processos térmicos que denominam Unidade de Recuperação de Energia (URE). Contudo, ao analisar o processo observa-se que esses projetos se fundamentam em unidade dedicada à incineração de RSU pela queima direta de massa (*Mass Burning*) com recuperação de energia, o que exige que o material reciclável seja queimado. Essa conclusão corrobora com a Diretiva nº 2000/76/CE do Parlamento Europeu que classifica a URE como incineração de resíduos.

A energia térmica desprendida desse processo alimenta caldeiras que geram vapor, que por sua vez, movimentará turbos geradores para geração de energia elétrica. O processo gera escórias, cinzas de fundo e cinzas leves, provenientes das caldeiras e cinzas volantes do processo de filtragem, todas consideradas perigosas.

A incineração remonta aos idos de 1885 em Nova Iorque, em que queimar o lixo aparentava ser uma solução para reduzir o volume de resíduos a um terço do volume original, dando maior vida útil aos aterros. Nessa época os processos não possuíam filtros, não havia instrumentos de controle, nem monitoramento e tampouco gerava energia elétrica.

De forma paulatina o processo de incineração foi agregando esses controles, sendo que vários desses processos incorporaram o sistema de *Quench*, que esfria os gases de combustão de 1.200º C para 70º C em 3 segundos, para melhor controle da geração de dioxinas no sistema. Recentemente passaram a incorporar, antes dos resfriadores dos gases da combustão, caldeiras que geram vapor e acionam turbinas para a geração de energia elétrica. Todavia, ao aproveitar o calor da combustão há um arrefecimento mais lento, o que aumenta a geração de dioxinas no sistema. Para reduzir e tentar controlar as emissões desse excesso é necessário a injeção de outros produtos químicos, como cal, barrilha e carvão ativo que, por conseguinte, aumenta a perigosa carga química produzida no processo.

Tanto em processos de incineração em fornos de URE como em Cimenteiras há deficiência em relação à filtragem, que é mais grave para partículas menores que 2.5 micras. E a não exigência de um processo de monitoramento contínuo de emissões, em especial dos poluentes complexos, é praticamente uma permissão para poluir. Além disso, em fornos de cimento na nova Resolução Conama nº 499/2020, exige-se apenas o monitoramento contínuo dos parâmetros MP, NO_x, SO_x, O_2 e THC, sendo facultativo ao órgão ambiental exigir ou não a transmissão online, e se omite quanto à transparência, ou seja, a transmissão online pública e contínua das medições desses parâmetros.

Parâmetros fundamentais para garantir a proteção ambiental e da saúde animal e humana, tais como: MP, CO, CO_2, O_2, SOx, NOx, HPAs, HCT, HCL, Cl_2, COT, Dioxinas, Furanos, bifenilas policloradas, outros POPs, mercúrio, chumbo, cádmio, cromo, alumínio e outros metais pesados, não são monitorados de forma contínua. Portanto, não têm e não vão ter análises públicas transmitidas online para que a sociedade possa precaver-se desses processos de elevado potencial poluidor.

Muitas destas substâncias tóxicas mais complexas como as dioxinas, furanos, hexaclorobenzeno, bifenilas policloradas, entre outras, não são passíveis de monitoramento contínuo na legislação. São igualmente biopersistentes, bioacumulativas, biomagnificantes, genotóxicas, mutagênicas, teratogênicas para os fetos; são causadoras de má formação ou doenças de alta latência que podem desencadear ao nascer, na puberdade ou na vida adulta, e podem ainda causar efeitos negativos nos órgãos reprodutivos, cognitivo, atingindo negativamente a inteligência, a atenção, a aprendizagem e o comportamento. Além de que são cancerígenas e desreguladoras do sistema hormonal, repercutindo negativamente na flora, na fauna, nos animais domésticos e nos seres humanos que estão na área de influência de incineradores (ASSUNÇÃO & PESQUERO, 1999).

Alimentos cultivados (hortifruti), aves e ovos, assim como outros animais para corte (caça ou criação) presentes na área de influência desses processos, podem ser fontes severas de perigosa exposição química para seres humanos que estão nessas áreas e vierem a consumir esses alimentos, atingindo até mesmo àqueles que estão fora da área de influência. O exemplo paradigmático das dioxinas e a sua integração na cadeia alimentar faz com que a sua ação deletéria na saúde possa refletir-se, de fato, em indivíduos que residam a centenas de quilômetros dos locais onde tais alimentos foram produzidos (FORMOSINHO *et al.*, 2000). Vários estudos indicam que a exposição gestacional às dioxinas afeta os níveis de androgênios, os órgãos sexuais secundários, a espermatogênese, a fertilidade e o comportamento sexual da prole (US-DHHSPHS-ATSDR, 2017).

Os metais pesados e as dioxinas, assim como outros contaminantes, estão presentes nas emissões dos incineradores e atualmente não existe no Brasil uma legislação cuja eficácia possa evitar a ação deletéria, sobretudo da categoria dos persistentes e bioacumulativos. “A distinção entre resíduos perigosos e não perigosos é uma definição baseada nas propriedades dos resíduos para incineração, não uma classificação fundamentada nas diferenças de emissões” (FORMOSINHO *et al.*, 2000, p. 21). Ou seja, resíduos classificados como inertes na alimentação dos fornos de incineração podem, conforme sua composição, gerar emissões perigosas.

A avaliação de emissões de poluentes orgânicos persistentes não intencionais (UPOPs) em uma chaminé de um forno dedicado à queima de resíduos com recuperação de energia na Holanda mostrou haver “correlação entre emissões de elevadas taxas de dioxinas e interrupções das amostragens”, assim como uma série de incidentes resultando em desligamentos descontrolados (ARKENBOUT & PETRLIK, 2019, p. 917).

Ao seguir os limites máximos de dioxinas e furanos de 1.000 nanogramas, adotados por países da Europa, para solos de áreas residenciais e propriedades privadas e se galinhas fossem mantidas ciscando em áreas com esses níveis, seus ovos seriam contaminados com cerca 800 picogramas. Nesse caso, qualquer criança pesando 16 quilos que venha ingerir um único ovo com esse nível de contaminação, teria excedido em 1.000 vezes a sua ingestão diária tolerável adotada pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (WEBER, *et al.* 2019).

Níveis de poluentes orgânicos persistentes no solo, bem abaixo dos limites máximos utilizados, resultaram em grave contaminação para consumo humano. Alimentos como ovos, peixes, aves, entre outros animais de corte, podem ser profundamente contaminados mesmo estando em áreas com concentrações de poluentes orgânicos persistentes consideradas baixas (PETRLIK & DIGANGI, 2005).

As dioxinas inequivocamente ainda representam um sério problema, sobretudo quando os programas de monitoramento, quer seja das emissões do processo de incineração quer seja por meio de biomonitoramento e da avaliação de risco à saúde humana, apresentam limitações. Desta forma, compreende-se que a saúde da população ainda está sob ameaça em face das emissões existentes e das medidas de controle ineficientes e ineficazes para proteger o meio ambiente e a vida ali presente. Há um longo caminho a percorrer para regulamentar e eliminar efetivamente as emissões de poluentes orgânicos persistentes (ARKENBOUT & PETRLIK, 2019).

Os balanços estequiométricos das reações de combustão revelam a insustentabilidade da incineração que, além de consumir excessivamente oxigênio da bacia aérea, devolve em troca emissões de milhares de toneladas de gás nocivo e de efeito estufa (GEE). Para cada 1 tonelada de combustível inserida no processo de incineração retira-se 4 toneladas de oxigênio da atmosfera para obter a reação de combustão e emite de volta para essa mesma atmosfera 2,75 toneladas de GEE e mais 2,25 toneladas de água ácida contaminada.

Santos *et al.* (2020 b) tomaram como exemplo os dados do EIA-RIMA do projeto da URE que se pretende implantar no litoral de São Paulo, onde se considerou um balanço conservador, como a adição dos insumos, combustível (GLP) e dos resíduos, além da estimativa de emissão de gases, vapores, escórias e cinzas. O resultado foi uma carga química 295% superior ao dos resíduos introduzidos no processo, pondo por terra a proposta de cumprir com os objetivos da PNRS quanto à redução do volume e periculosidade dos resíduos. Importante sinalizar a correlação positiva entre a distribuição espacial das emissões do incinerador localizado em uma área urbana e os eventos mutagênicos (FERREIRA *et al*., 2000).

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O processo de incineração por meio de Unidade de Recuperação de Energia é apresentado como solução para geração de energia utilizando os resíduos sólidos, denominados CDR. No entanto, para conseguir alguma recuperação de energia, terá que deliberadamente ignorar a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Para cumprir a PNRS será preciso remover os materiais mais comumente recicláveis, ou seja, papel, papelão, espumas e plásticos. Ao fazer isso o PCI dos resíduos sobrantes cai para 1.349,7 kcal/kg, o que inviabiliza a propalada geração de energia. Caso aprofunde-se ainda mais nas possibilidades de reciclagem, como por exemplo, tratando o material orgânico por rotas mais sustentáveis e economicamente mais viáveis, o PCI do material sobrante cai para 963 kcal/kg, sendo necessário o uso complementar de combustível fóssil em carga total, o que torna a incineração em URE ou mesmo em Cimenteiras impraticável do ponto de vista econômico.

Além da toxicidade das emissões dos processos que utilizam a queima direta da massa de resíduos (*Mass Burning*), a análise do balanço estequiométrico das reações de combustão demonstra a insustentabilidade das UREs/Incineração. Esse processo além de consumir excessivamente oxigênio da bacia aérea local, devolve em troca emissões de milhares de toneladas de gás nocivo e de efeito estufa (GEE). Apenas na queima do combustível fóssil usado, a cada uma tonelada introduzida no sistema retira-se da atmosfera 4 toneladas de oxigênio e se produz 5 toneladas de gás de efeito estufa, além de água acida contaminada e gases tóxicos. Os estudos apontaram que a queima de resíduos em sistemas de incineração com recuperação de energia (URE) resulta na produção de uma carga química final 295% superior ao dos resíduos introduzidos na alimentação dos fornos.

6. CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Poluentes, orgânicos persistentes, têm resultado na elevada contaminação de alimentos, mesmo estando em áreas com concentrações de exposição consideradas baixas, principalmente as dioxinas e furanos que representam um sério problema, sobretudo quando há limitações nos processos de controle e monitoramento contínuo das emissões de poluentes complexos e de avaliação na saúde humana e animal. Assim, existe um longo caminho a percorrer para uma atenção ambiental e social integrada, envolvendo os diversos saberes.

A PNRS não indica e nem poderia indicar a tecnologia a ser utilizada no tratamento de resíduos sólidos urbanos, sob pena de favorecimento de determinados setores empresariais. No entanto, conforme o estudo nos indica, a tecnologia de tratamento de resíduos sólidos com geração de energia pela queima direta da massa (*Mass Burning*) oferece um elevado potencial de perigo ao meio ambiente, primordialmente à fauna, flora e aos seres humanos, o que remete à busca de novas rotas tecnológicas que atendam ao tripé do desenvolvimento sustentável, exigindo o envolvimento de todos os setores da sociedade com o controle social, como preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Buscar soluções, tais como, prevenção e redução da geração de resíduos sólidos, fortalecer os sistemas de coleta seletiva, de logística reversa e a reciclagem, além de adotar práticas como a compostagem e biodigestão anaeróbica, articulando toda a sociedade com eficiência e eficácia, será a melhor resposta contra o desperdício da queima de materiais recicláveis e a poluição gerada por esses processos, considerados como a "Anticultura da Sustentabilidade".

REFERÊNCIAS

[1] ARKENBOUT, A., PETRLIK J. (2019). Hidden emissions of UPOPs: Case study of a waste incinerator in the Netherlands. [online]: ToxicoWatch, Netherlands; Arnika, IPEN, Sweden, p. 917 - 920. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336650688. Acesso em out. 2020.

[2] ASSUNÇÃO, J. V., PESQUERO, C. D. Dioxinas e furanos: origens e riscos. Revista de Saúde Pública, São Paulo: Universidade de São Paulo, 1999, vol. 33, nº 5, p. 523-30. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rsp/a/FXYCDpBbW7PPfZ7DGz9V77K/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: mar. 2021.

[3] BRASIL, MMA, Ministério de Estado de Meio Ambiente de Minas e Energia e de Desenvolvimento Sustentável - Portaria interministerial n.º 274 de 30 de abril de 2019. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-interministerial-n%C2%BA-274-de-30-de-abril-de-2019-86235505. Acesso em: out. 2020.

[4] BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Nota Técnica DEA 18/14, Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos. Série Recursos energéticos. EPE, Empresa de Pesquisas Energéticas. Rio de Janeiro, 2014.

[5] COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE DA ASSEMBLEIA DE LONDRES (2018). Waste: Energy from Waste. London Assembly Environment Committee. Disponível em: https://www.london.gov.uk/sites/default/files/waste-energy_from_waste_feb15.pdf. Acesso em: ago. 2021.

[6] ECO-CYCLE. Waste-of-Energy - Why Incineration is Bad For Our Economy, Environment and Community. USA, 2011. Disponível em: https://www.ecocycle.org/files/pdfs/WTE_wrong_for_environment_economy_community_by_Eco-Cycle.pdf. Acesso em: out. 2020.

[7] FERREIRA, M.I., PETRENKO, H., LOBO, DJ., RODRIGUES, G.S., MOREIRA, A., SALDIVA, P.H. In situ monitoring of the mutagenic effects of the gaseous emissions of a solid waste incinerator in metropolitan Sao Paulo, Brazil, using the Tradescantia stamen-hair assay. J Air Waste Manag Assoc 2000; 50: 1852-6.

[8] FORMOSINHO, S. J., PIO, C. A., BARROS, J. H., CAVALHEIRO, J. R. Parecer Relativo ao Tratamento de Resíduos Industriais Perigosos. Comissão Científica Independente de Controle e Fiscalização Ambiental da Co-Incineração criada pelo Decreto-Lei 120/99 de 16 de abril. Aveiro, maio de 2000. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~jotace/cci/Relatorio/Rcom.pdf. Acesso. nov. 2020

[9] ISLAM, K. M. N. Municipal Solid Waste to Energy Generation in Bangladesh: Possible Scenarios to Generate Renewable Electricity in Dhaka and Chittagong City. Hindawi Publishing Corporation Journal of Renewable Energy. Volume 2016, Article ID 1712370, 16 pages. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1155/2016/1712370. Acesso em: mar. 2021.

[10] LEGATOR, M. S., SINGLETON, C. R., MORRIS, D. L., PHILIPS, D. L. The health effects of living near cement kilns; a symptom survey in Midlothian, Texas. Toxicol Ind Health. 1998 Nov-Dec;14(6):829-42. doi: 10.1177/074823379801400605. PMID: 9891914. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9891914/. Acesso em out. 2020.

[11] LEITE, C. B. O Impacto da Reciclagem no poder calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos da cidade de São Paulo e no trabalho de catadores de materiais recicláveis. I Seminário Internacional - Oceanos livres de Plásticos p. 21-32. UNISANTA Bioscience. Vol. 7 nº 6 – Edição Especial, 2018.

[12] LIMA, P. G., DESTRO, G. E., BRAGA JUNIOR, S. S., FORTI, J. C. Análise Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos de um Aterro Sanitário. Revista Brasileira de Engenharia De Biossistemas, Tupã, SP, v. 12(4): 410-426, 2018. UNESP – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Engenharia, Tupã, SP, Brasil. Disponível em: http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/download/726/396. Acesso: dez. 2020.

[13] LOBO, F. (2011). Metais tóxicos e suas consequências para a saúde humana. [online] ECODEBATE. Disponível em: https://www.ecodebate.com.br/2011/08/01/metais-toxicos-e-suas-consequencias-para-a-saude-humana-artigo-de-frederico-lobo/. Acesso em: out. 2020.

[14] MARTIN, S. E., GRISWOLD, W. (2009). Human Health Effects of Heavy Metals. Center for Hazardous Substance Research - CHSR, Issue 15. Environmental Science and Technology Briefs for Citizens. Disponível em: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/ download?doi=10.1.1.399.9831&rep=rep1&type=pdf. Acesso em: out. 2020.

[15] MORIN, E. A Cabeça Bem-Feita, 5 ed 128 p. Tradução Eloá Jacobina. Sindicato Nacional do Editores de Livros, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2001.

[16] MORRIS, J. Comparative LCAs for Curbside Recycling Versus Either Landfilling or Incineration with Energy Recovery (12 pp). Int J Life Cycle Assessment 10, 273–284 (2005). Disponível em: https://doi.org/10.1065/lca2004.09.180.10. Acesso em: jul. 2021.

[17] PETRLIK, J., DIGANGI, J. (2005). The Egg Report - Contamination of chicken eggs from 17 countries by dioxins, PCBs and hexachlorobenzene. The International POPs Elimination Network (IPEN).

[18] SANTOS, E. L. [s.d.] Uso de Resíduos Perigosos na Fabricação de Cimento: Santos-SP: ECELAMBIENTAL. Disponível em: http://ecelambiental.com.br/Arquitetura/PDF/EST UDO_SOBRE_A_UTILIZA%C3%87%C3%83O_DE_RESIDUOS_PERIGOSOS_NA_FORMULA%C3%87%C3%83O_DE_CIME NTO.pdf.

[19] SANTOS, E. L., CASTELO BRANCO, J., GONÇALVES, J. M. F., SILVA, R. S., NYCZ, Z. Parecer sobre a Proposta de Resolução Conama nº 499 de 2020, que dispõe sobre o Licenciamento da Atividade de Coprocessamento de Resíduos em Fornos Rotativos de Produção de Clínquer. p. 01 – 39, Santos, SP, 10 novembro 2020. Disponível em: https://acpo.org.br/wp-content/uploads/2020/11/parecer_resolucao_499_2020.pdf. Acesso: dez. 2020 (a).

[20] SANTOS, E. L., FIGUEIREDO, A. E. P., CARDOSO, L. F. M., GONÇALVES, J. M. F., JOVITO, M. T., SANDALL, W. T., CASTELO BRANCO, J. Parecer Técnico – Análise do EIA da URE VALORIZA SANTOS – Aterro Sanitário Sítio das Neves – Santos. ECEL Ambiental. PT-0043-002. Santos/SP, out. 2020 (b).

[21] SÃO PAULO, Decreto nº 47.906/2003 [Art. 5º, incisos]. Dispõe sobre as transferências que especifica, organiza a Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento, extingue a Secretaria de Energia. Disponível em: http://www.al.sp.gov.br/repositorio /legislacao/decreto/2003/decreto-47906 24.06.2003.html. Acesso em: jan. 2021.

[22] SÃO PAULO, Decreto nº 57.006/2011 [Art. 2º]. Organiza a Secretaria de Energia e dá providências correlatas. Disponível em: http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/ decreto/2011/decreto-57006-20.05.2011.html. Acesso em: dez. 2020.

[23] SÃO PAULO, IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP. Plano regional de gestão integrada de resíduos sólidos da Baixada Santista, PRGIRS/BS. [livro eletrônico]. Santos/SP, Agência Metropolitana da Baixada Santista, 2018. Disponível em: https://www.agem.sp.gov.br/wp-content/uploads/2019/11/20180600-DC-PRGIRS_BS_c ompressed.pdf. Acesso: dez. 2020.

[24] SOARES, E. L. S. F. Estudo da caracterização gravimétrica e poder calorífico dos resíduos sólidos urbanos. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado, v. 13, 2011. Disponível em: http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/ErikaLeiteDeSouzaFerreiraSoares.pdf. Acesso em: mar. 2021.

[25] US-DHHSPHS-ATSDR, U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Interaction Profile For: Chlorinated Dibenzo-P-Dioxins, Polybrominated Diphenyl Ethers, and Phthalates. Contributor: ATSDR, Division of Toxicology and Human Health Sciences (DTHHS), Atlanta, GA and others. April 2017.

[26] WCA, World Cement Association. History of Cement. London, [s.d.] - 2016-2020. Disponível em: https://www.worldcementassociation.org/about-cement/our-history. Acesso em: set. 2020.

[27] XIAONING, Y., XUEJIAO L., CAIXIA W., QIONGHUI L. W. Y., ZIQIAN, L. (2019) Operation Cost Analysis of Typical Power Plant Waste Incineration. E3S Web of Conferences 118, 03027. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/ 44/e3sconf_icaeer18_03027.pdf. Acesso em dez. 2020.

[28] WEBER, R., BELL, L., WATSON, A., PETRLIK, J., PAUN, M. C., VIJGEN, J. (2019). Assessment of pops contaminated sites and the need for stringent soil standards for food safety for the protection of human health. [online]; ELSEVIR, 249, 703-715. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.066. Acesso em: out. 2020.

Capítulo 18

Forças e oportunidades do Terceiro Setor na educação ambiental em áreas de vulnerabilidade da Baixada Fluminense (RJ)[2]

Shirlei Barros do Canto
Alessandra Chacon Pereira
Elza Maria Neffa Vieira de Castro
Luciene Pimentel da Silva

Resumo: A Educação Ambiental (EA) é de relevante importância nas pesquisas, nas atuações dos cidadãos e nas produções teóricas para subsidiar a gestão pública socioambiental. O objetivo principal deste estudo consiste em apresentar uma análise crítica sobre as forças, oportunidades e desafios do Projeto EDUC da ONG Guardiões do Mar, atuante na Baixada Fluminense, no que se refere às iniciativas de educação ambiental associadas à temática do acesso à água potável e ao saneamento. O Projeto EDUC realizou um trabalho de educação ambiental em cinco comunidades do entorno do complexo industrial da Refinaria de Duque de Caxias (REDUC/RJ), nas localidades onde o processo de urbanização acelerado ocorreu sem infraestrutura contribuindo para a contaminação dos corpos hídricos. A aplicação de um questionário semiestruturado foi utilizado para apurar os dados referentes às comunidades e os levantamentos serviram como base para o sistema de avaliação de programas e projetos de educação ambiental SAPEA-Água, que validou a importância do Projeto EDUC, servindo de balizador para as boas práticas de sustentabilidade, de proteção à vida e ao meio ambiente, conforme proposições da Agenda 2030.

Palavras-chave: Educação Ambiental, Sustentabilidade, SAPEA-Água.

[2] Este artigo foi apresentado oralmente no 31º. Congresso da ABES, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, no dia 20 de outubro de 2021, Curitiba, PR

1. INTRODUÇÃO

Para Freitas (2011), o modo como cada sociedade se organiza é determinante na intensidade dos impactos causados ao meio ambiente e é contribuinte da desigualdade socioambiental.

Em localidades próximas à REDUC[3] nos deparamos com um modelo societário que carece de estratégias da educação ambiental crítica capazes de promover uma transformação da situação local de degradação do meio ambiente, e das condições humanas que geram e reproduzem desigualdades sociais e conflitos socioambientais, em particular em relação ao acesso à água potável.

A Associação dos Protetores do Mar (APMAR) ou ONG[4] Guardiões do Mar (nome fantasia), através do Projeto EDUC atua em cinco dessas comunidades no entorno da REDUC, escolhidas em decorrência do complexo contexto em que vivem. E o objetivo do estudo, que deu origem a este artigo consistiu em realizar uma avaliação dos resultados obtidos pelo Projeto EDUC nessas comunidades. Para tal realização foram utilizados dados secundários, como relatórios de desempenho do Projeto, publicações no site oficial e materiais de educação ambiental virtual, postados nas mídias e também dados primários obtidos a partir de entrevistas a integrantes da equipe do Projeto EDUC.

Embora muitos programas/projetos de Educação Ambiental adotem práticas educativas reducionistas e comportamentalistas, foi desenvolvido um sistema de avaliação fundamentado na teoria metodológica crítico-emancipatória, o Sistema de Avaliação de Programas e Projetos de Educação Ambiental para Gestão de Recursos Hídricos (SAPEA-Água) e, através de seus indicadores e respectivos meios de verificação, discute, neste artigo, as forças, as oportunidades e os desafios do Projeto EDUC, na perspectiva de contribuir para a atuação de outras ONGs com propostas similares e para o aperfeiçoamento deste sistema de avaliação de programas e projetos.

O Projeto EDUC buscou atuar em comunidades do Distrito de Campos Elíseos, no município de Duque de Caxias, proporcionando a esses moradores a inserção em um processo de reconhecimento de si, participativo e voltado para o exercício da cidadania.

Esse município cresceu desordenadamente. De acordo com o Cadastro Central de Empresas (IBGE, 2018)[5], no município de Duque de Caxias há 13 129 unidades locais e 12 442 empresas e outras organizações atuantes. São empreendimentos corresponsáveis pela degradação ambiental. Há a premente necessidade de disseminação de práticas socioambientais assertivas, que promovam mudanças que priorizem o descarte adequado dos resíduos sólidos, a proteção dos rios, o acesso e os cuidados com a água utilizada no consumo familiar, para fomentar a diligência com a saúde, a conservação ambiental e a melhoria estética.

No município de Duque de Caxias (RJ) o crescimento irregular provocou a degradação dos sistemas de suporte à vida e a população tem menos acesso aos serviços ecossistêmicos. Na maioria dos casos, os moradores vivem em ambientes degradados e sofrem com os desdobramentos e os desafios impostos por essa condição. Ao mesmo tempo, nesses locais observa-se "menos acesso à saúde, educação, habitação, saneamento, alimentação saudável, trabalho e renda" (FREITAS, 2011, p. 42), o que caracteriza o estado de pobreza da população.

No Brasil, impactos negativos da aceleração do crescimento populacional podem ser evidenciados na paisagem das periferias dos grandes centros urbanos, como na Baixada Fluminense da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. A região, historicamente caracterizada pela presença de manguezais, sofreu com as ações antrópicas em benefício da exploração de seus elementos naturais, até a ocupação acelerada e desordenada, sem infraestrutura adequada, inclusive de abastecimento de água potável e de saneamento ambiental (BRITTO et al., 2018).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e o critério adotado pelo Banco Mundial para estabelecer e identificar a condição de extrema pobreza, no ano de 2018, configurava essa situação para 13,5 milhões de brasileiros. Com renda mensal *per capta* inferior a R$145,00 (cento e quarenta e cinco reais) ou U$S 0,90 (noventa centavos de dólar) por dia, grande parte da população se encaixava

[3] Refinaria de Duque de Caxias.

[4] Organização Não Governamental.

[5] Disponível em: <IBGE | Cidades@ | Rio de Janeiro | Duque de Caxias | Pesquisa | Cadastro Central de Empresas | Unidades locais >. Acessado em: 30 mar. 2021.

nesses critérios.[6]

Em relação ao município de Duque de Caxias há uma discrepância econômica evidenciada por Camaz (2015), pois ocupou a 6ª posição entre os municípios que representavam 25% do Produto Interno Bruto nacional, no ano de 2002, tendo à sua frente os municípios de Belo Horizonte, Brasília, Rio de Janeiro e Manaus. No ano de 2004 ocupou a 7ª posição na região Sudeste. Entretanto, o IDH de Duque de Caxias calculado em 2010, ano do último censo completo do IBGE, revela um IDH igual a 0,711, ocupando o 49º lugar no Estado do Rio de Janeiro e o 1574º no Brasil. Em relação ao mapa da pobreza e desigualdade, corresponde ao percentual de 53,53%, ou seja, o 9º no estado do RJ e o 1408º no ranking do Brasil.[7]

De acordo com o Portal da Transparência[8], o município de Duque de Caxias – RJ teve o valor de R$ 895.902.600,00 (oitocentos e noventa e cinco milhões, novecentos e dois mil e seiscentos reais) disponibilizado como Auxílio Emergencial e R$ 108.503.268,00 (cento e oito milhões, quinhentos e três mil, duzentos e sessenta e oito reais) como Bolsa Família, durante o ano de 2020. Percebe-se, com o quantitativo de auxílios recebidos, que os cidadãos em estado de vulnerabilidade representam significativa parcela populacional caxiense que não tem condições de comprar água potável para o consumo.

É relevante destacar que as ações de educação ambiental e investimentos em infraestrutura urbana com universalização do saneamento ambiental podem contribuir para reverter o cenário de pobreza e miséria enfrentado pelos brasileiros em situação de vulnerabilidade socioambiental.

A Estação de Tratamento de Água de Campos Elíseos, em Duque de Caxias, foi inaugurada recentemente, no dia 05 de abril de 2021. Até essa data, há uma premente preocupação com o acesso à água tratada. Verificou-se que o acesso à água potável segue sendo um grande desafio para as comunidades de moradores de Campos Elíseos que, por falta de acesso à água, encontram-se alijadas das propostas das práticas de adesão ao Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6 - Água Potável e Saneamento.

De acordo com Carvalho (2008, p. 126), a EA crítica inclui a mudança de comportamentos transformando as relações sociais que "constituímos e pelas quais somos constituídos", de modo a alterar as atitudes frente ao coletivo, nas dinâmicas políticas, sociais e ecológicas, com vistas a intervir na esfera pública.

A EA crítica é imprescindível para que não se alimente uma visão ingênua do papel social onde impere a naturalidade da exclusão sociocultural. É imprescindível que haja práticas curriculares e momentos educativos de análise, reflexão e protagonismo, que assegurem uma "participação consciente e ativa dos sujeitos concretos envolvidos", de modo a transgredir a automação das "concepções e ações veiculadas como socialmente adequadas, adaptadoras dos sujeitos e contextos socioculturais e econômicos implacáveis" (LOUREIRO & TORRES, 2014, p. 125).

As Organizações Não Governamentais exercem um papel indispensável na educação ambiental crítica informal, pois a racionalidade emancipatória não ocorre apenas no ambiente escolar. Para Giroux e McLaren (1995, p. 151), uma pedagogia crítica deve fundamentar a relação entre os indivíduos através de "práticas que promovam preocupação e solidariedade, em vez de opressão e sofrimento humano", de modo a gerar novas concepções que sirvam de base para as mudanças possíveis e desejáveis.

Após décadas de espera, as comunidades de Campos Elíseos irão se adaptar à nova realidade com acesso gradativo à água potável, a partir de 2021. No entanto, no contexto da EA crítica-emancipatória presente na atuação da ONG Guardiões do Mar, tem-se uma visão complexa do ambiente que contribuirá para a nova realidade que se descortina, sendo este momento "compreendido como um espaço relacional em que o homem é um agente que pertence à teia de relações sociais, naturais e culturais", presumindo interação. (FERRARO JUNIOR, 2007, p. 230).

Assim, para o cumprimento do objetivo apresentamos o Projeto EDUC da ONG Guardiões do Mar e a caracterização das comunidades de Campos Elíseos, em Duque de Caxias e sua precariedade em relação ao saneamento ambiental e à importância da EA crítica. A seguir, mostramos o SAPEA-Água e a análise e avaliação do Projeto EDUC, em todas as categorias de análise, indicadores e meios de verificação. Por fim,

[6]Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/25882-extrema-pobreza-atinge-13-5-milhoes-de-pessoas-e-chega-ao-maior-nivel-em-7-anos>. Acesso em: 10 out. 2020.

[7]Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000. Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF. Disponível em: < IBGE | Cidades@ | Rio de Janeiro | Duque de Caxias | Pesquisa | Mapa de pobreza e desigualdade | Incidência da pobreza >. Acessado em: 30 mar. 2021

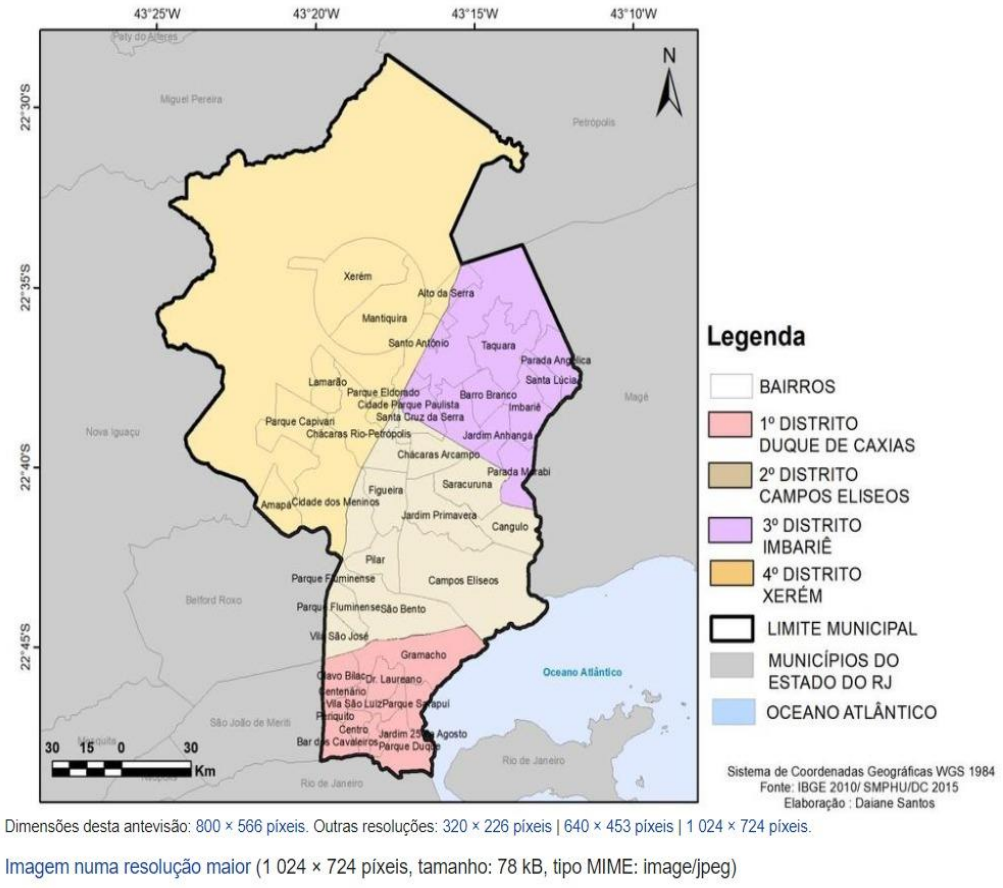
[8] Disponível em: <http://www.portaltransparencia.gov.br/beneficios>. Acessado em: 25 jan. 2021.

divulgamos os resultados da avaliação e indicamos as forças, as oportunidades e os maiores desafios de um projeto de Educação Ambiental, que busca disseminar uma reflexão de si mesmo e da atuação coletiva no meio ambiente, sem prescindir de sua cidadania, com direitos e deveres.

2. O PROJETO EDUC

Localização das comunidades objeto das ações do EDUC

Figura 1. Localização de Campos Elíseos, Duque de Caxias



Dimensões desta antevisão: 800 × 566 píxeis. Outras resoluções: 320 × 226 píxeis | 640 × 453 píxeis | 1 024 × 724 píxeis.

Imagem numa resolução maior (1 024 × 724 píxeis, tamanho: 78 kB, tipo MIME: image/jpeg)

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Mapa_IBGE.jpg

O Projeto EDUC atua em Campos Elíseos, segundo Distrito do município de Duque de Caxias na Baixada Fluminense, Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Latitude 22,7158 S e longitude 43,2618 W, e ocupa uma área de 98 km² na região centro-oeste do município. Os bairros em destaque na análise foram surgindo durante a construção da REDUC. Pessoas de outros estados foram atraídas pela oportunidade de trabalho e se estabeleceram no entorno da refinaria (Figura 1).

Foram selecionadas para atuação cinco comunidades no entorno da REDUC (Figura 2), sendo que três delas se localizam ao lado da REDUC (Vila Serafim, Campos Elíseos e Saraiva) e duas margeiam os tanques de armazenamento da REDUC (Parque Marilândia e Parque Bom Retiro).

Figura 2. Localização da área de atuação do Projeto EDUC

Fonte: DSCE, 2018, p. 16.

2.1. CARACTERIZAÇÃO DEMOGRÁFICA E SOCIOECONÔMICA DO MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS

O município de Duque de Caxias ocupa uma área de 467, 32 km^2, sua população era de 855.048 habitantes em 2010 (IBGE, 2010), com densidade demográfica de 1.828, 51 habitantes por km^2, enquanto a da Capital do Estado era de 5.265,82. O 2º. Distrito Campos Elíseos abriga 30% da população total do município, e a maior parte 40% está localizada no 1º Distrito Central (PMSDC[9], 2017, p. 31).

As áreas periféricas dos grandes centros urbanos no Brasil geralmente concentram pobreza e em Duque de Caxias não é diferente. No município 111.039 famílias estavam inscritas no cadastro único em outubro de 2020[10], sendo que 59.060 famílias têm renda *per capita* de até 89,00 BRL (equivalente a 16,48 USD). E 56.992 estavam inscritas no benefício do bolsa família[11]. O Produto Interno Bruto (PIB) per capita em 2018 era de 45.490,61 BRL, sendo o da cidade do Rio de Janeiro igual a 54.426,08 BRL, e o do município de Palmas no Estado do Tocantins, um dos mais baixos do Brasil, igual 32.293,89 BRL. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) municipal era igual 0,711, enquanto o do Rio de Janeiro era de 0,799 e o de Palmas igual a 0,788 em 2010 (IBGE, 2010).

2.2. MEIO AMBIENTE E SANEAMENTO AMBIENTAL EM DUQUE DE CAXIAS

A precariedade do acesso ao esgotamento sanitário é um dos maiores problemas ambientais da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, onde se insere a Baixada Fluminense e, mais especificamente, o município de Duque de Caxias. Isto afeta negativamente os rios da região, e consequentemente impõe

[9] Plano Municipal de Saneamento Básico Município de Duque de Caxias - PMSDC

[10] Disponível em: <https://aplicacoes.mds.gov.br/sagirmps/bolsafamilia/painel.html>. Acessado em: 25 jan. 2021.

[11] Disponível em: <http://aplicacoes.mds.gov.br/sagi-paineis/analise_dados_abertos/>. Acessado em 25 jan. 2021.

impactos negativos à população. Os custos para reversão dos problemas de poluição são altos e complexos, envolvendo esforços de longo prazo (BRITTO e QUINTSLR, 2020).

O problema da degradação ambiental é agravado pela suscetibilidade natural a enchentes das regiões de baixada:

> A Baixada Fluminense sofre com frequentes inundações em áreas urbanas. Essas inundações decorrem da forma de ocupação e uso do solo, inadequada às condições particulares da região, que apresenta extensas áreas de cotas muito baixas, e do acelerado processo de impermeabilização dos solos devido à expansão desordenada do tecido urbano. (LERNER, 2016, p.215).

De acordo com Kronemberger (2013), a região de Duque de Caxias se destaca com percentuais elevados de morbidade por diarreia, no universo dos 100 municípios mais populosos de 2011, acometendo crianças menores de 5 anos de idade.

O Plano Municipal de Saneamento de Duque de Caxias (PMSDC, 2017, p.116), destaca ainda a insuficiência da rede coletora de esgotos, e que é significativo na maior parte do território o lançamento dos mesmos indevidamente na galeria de águas pluviais. Esta situação pode inclusive se agravar quando estas mesmas áreas passam a ser alagadas devido à precária existência ou até mesmo à inexistência de infraestrutura local de drenagem pluvial.

Grande parte da baixada fluminense enfrenta problemas de abastecimento de água e em Campos Elíseos ocorre o mesmo (Lemes, 2007). O sistema público de abastecimento de água de Campos Elíseos atendia 18.558 habitantes no ano de 2000, subindo para 26.539 habitantes, em 2020, sendo o contingente populacional total em 756.738 habitantes em 2000 e 924.624 habitantes em 2020[12]. Conforme Lemes (2007) já foi indicado como péssimo. É um problema antigo e conhecido. O PMSDC (2017) em suas ações estruturais prevê a necessidade de abastecimento, para a crescente população de moradores, quando destaca "serviços de abastecimento de água que garantam a oferta e o atendimento à totalidade da demanda e satisfaçam aos padrões de quantidade e qualidade ideais" (p. 130). Haja vista, que grande parcela da população faz uso de estratégias de abastecimento de água e esgotamento sanitário alternativas, desvinculadas dos sistemas públicos e coletivos padrões.

Após 17 anos de obras para mitigação da infraestrutura insuficiente de abastecimento de água em Campos Elíseos, a Estação de Tratamento de Água de Campos Elíseos, em Duque de Caxias que foi inaugurada no primeiro semestre deste ano, até a submissão deste artigo, ainda não logrou a inicialização da operação do sistema, de modo que a água chegue às torneiras de todos os moradores do bairro. Ainda sem alternativa, muitos moradores das comunidades do entorno da refinaria seguem violando as adutoras da REDUC, para abastecimento próprio.

Na perspectiva da cobrança por serviços de saneamento, a problemática das populações que habitam estas áreas degradadas da periferia dos grandes centros urbanos do Brasil, como Duque de Caxias, precisa ser considerada, às custas de aumentar a injustiça social. Justamente as populações com rendimento familiar limitado, apresentam dificuldades em optar por soluções individuais, tais como: custear o abastecimento de água por carro-pipa; contratar a perfuração e construção de poços artesianos ou financiar a construção de fossas sépticas.

2.3. REDUC

A Refinaria Duque de Caxias (REDUC) da Petrobras, possui um extenso terminal de oleodutos, no Distrito de Campos Elíseos, cuja função se baseia em recebimento e armazenamento do petróleo originado de Angra dos Reis, de Macaé e da Ilha D'Água, além do abastecimento de petróleo e óleo diesel da Refinaria Gabriel Passos (Regap). Ali também são monitoradas as operações do Oleoduto São Paulo-Rio de Janeiro (Osrio), que recebe no terminal de Volta Redonda gasolina, diesel e álcool para a Base de Distribuição de Volta Redonda[13].

[12] Disponível em: <https://datapedia.info/cidade/2838/rj/duque-de-caxias#mapa>. Acessado em 25 jan. 2021.

[13] Disponível em: < https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/terminais-e-oleodutos/terminal-campos-eliseos.htm >. Acessado em: 25 jan. 2021.

A água que abastece a REDUC tem origem na represa de Saracuruna, construída na década de 1960, com o objetivo de fornecer água bruta para a REDUC, sendo a única usuária das águas dessa represa. Em decorrência da expansão de suas instalações a Petrobras passou a captar água do Rio Guandu, também. Nestes sistemas a adução se dá diretamente em pequenas barragens e o tratamento consiste na simples desinfecção por cloro (LEMES, 2007).

Os efluentes são previamente tratados, antes do descarte, para estarem de acordo com os padrões de qualidade de lançamento estabelecidos na legislação ambiental. Estas ações envolvem também o reuso que acaba por proporcionar uma significativa economia anual de aproximadamente R$35,8 milhões no investimento de captação de água e descarte de efluentes. Em 2019, o volume total de reuso foi de 82,2 milhões de m3, o que corresponde a 34,4% da demanda total de água doce[14].

Em Lemes (2007) igualmente é destacado que embora seja uma atribuição do estado e a refinaria não tenha responsabilidade legal de fornecer água potável à comunidade vizinha à refinaria, existia a previsão de instalação de uma estação de tratamento de água, a partir de uma segunda adutora do Guandu, a ser construída pela Companhia de Água e Esgoto do Estado do Rio de Janeiro - CEDAE, e que faria uso de parte da água captada pela REDUC.

Segundo o Relatório de Sustentabilidade da Petrobrás[15], a estratégia da empresa consiste no permanente compromisso de respeito aos direitos humanos, em "conformidade com os princípios do Pacto Global das Nações Unidas e inspirado nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável". No entanto, a instalação e o crescimento das comunidades em seu entorno fugiram de seu controle.

O Distrito de Campos Elíseos também sedia um conjunto de empresas de pequeno, médio e grande portes e a região concentra dois grandes aglomerados que fazem uma importante contribuição para o PIB do município e do Estado: o Polo de Gás-Químico e o Polo Petroquímico do Centro, bem como uma série de empresas de logística e transporte (DSCE, 2018, p. 11).

De acordo com Lemes (2007) a REDUC descarta os seus efluentes no rio Iguaçu, pois ele margeia toda a área sul da refinaria, apesar do crescente saturamento desse recurso, por ser um rio bastante poluído, com grande presença de matéria orgânica nos períodos de chuvas "[...]a influência da maré elevando consideravelmente a salinidade da água no trecho próximo à REDUC, potencializa a dificuldade de sua utilização como fonte de suprimento de água" (COLLARES, 2004).

2.4 AÇÕES E ATUAÇÃO DO EDUC

O Projeto EDUC iniciou suas atividades em dezembro/2017, e é fruto de uma parceria com a Petrobras, por meio do Programa Petrobras Socioambiental. As ações visam a promoção de reflexões sobre a importância em se viver em um ambiente sustentável, para si e para as gerações futuras. Atua pela mudança de olhar dos moradores que vivem próximo à REDUC, pela valorização da comunidade onde residem, fomentando o protagonismo comunitário por meio de ações integradas para a sensibilização e capacitação de jovens e lideranças. Visa a disseminação de conceitos e práticas socioambientais positivas nas cinco comunidades de Campos Elíseos, mencionadas anteriormente, considerando os riscos ambientais a que estão expostos os moradores dessas localidades, como os perigos decorrentes do comportamento, em relação ao descarte dos resíduos sólidos e do consumo de água de reuso.

O Projeto EDUC realizou um levantamento em localidades próximas à REDUC, no 1º. quadrimestre de 2018, para identificar os problemas socioambientais locais e, assim, fomentar o protagonismo comunitário, a valorização da comunidade que habitam "por meio de ações integradas para mobilizar/ sensibilizar e capacitar jovens e lideranças para a disseminação de conceitos e práticas socioambientais positivas", através da mudança de visão desse público alvo (COSTA et all., 2018, p. 05). Os problemas apontados em detrimento da degradação ambiental foram muitos: acúmulo de lixo, mau cheiro, infestação de animais nocivos, enchentes, doenças, descarte inadequado de resíduos sólidos, queima do lixo, poluição dos rios,

[14] Disponível em: <https://sustentabilidade.petrobras.com.br/#balanco-hidrico-e-gestao-de-materiais-e-residuos>. Acessado em 25 jan. 2021.

[15] Disponível em: <https://sustentabilidade.petrobras.com.br/src/assets/pdf/Relatorio-Sustentabilidade.pdf >. Acesso em: 15 out. 2020.

uso indevido da área dos tanques de armazenamento[16] (combustíveis) e de reservação (de água) da Refinaria de Duque de Caxias - REDUC. Esse levantamento realizado com 1.261 pessoas consta no DSCE (2018). Após a aplicação dos questionários, os resultados foram compilados e analisados, criticamente, pelo EDUC. A Tabela 1 apresenta a caracterização geral da população entrevistada.

Tabela 1: Caracterização da comunidade de Campos Elíseos

Número total de entrevistados	1.261
Entrevistados masculinos	574
Entrevistados femininos	687
Pessoas entrevistadas do Parque Bom Retiro	230
Pessoas entrevistadas do Parque Marilândia	143
Pessoas entrevistadas do bairro Saraiva	132
Pessoas entrevistadas da Vila Serafim	79
Pessoas entrevistadas de Campos Elíseos	677
Faixa etária 18 a 24 anos	172
Faixa etária 25 a 39 anos	356
Faixa etária 40 a 59 anos	489
Faixa etária 60 anos ou mais	223
Idade não informada	21
Ocupação: sem ocupação	580
Ocupação: autônomo	247
Ocupação: aposentado	163
Ocupação: empregado	129
Ocupação: empregador	49
Ocupação: servidor público	20
Ocupação: outros/ não sabe	73
Pessoas da mesma casa que trabalham: uma	568
Pessoas da mesma casa que trabalham: nenhuma	391
Pessoas da mesma casa que trabalham: duas a três	272
Pessoas da mesma casa que trabalham: quatro ou mais	19
Pessoas da mesma casa que trabalham: não sabe	11

Fonte: DSCE, 2018.

No anexo é apresentado um extrato do questionário que contém as perguntas, cujas respostas foram utilizadas no processo de avaliação do SAPEA-Água.

Destaca-se que em 2018 e 2019, o Projeto EDUC realizou uma formação de lideranças para as cinco comunidades envolvidas na atuação premente do Projeto, com vistas a promover o protagonismo comunitário, por meio de ações integradas com qualificação/capacitação de jovens e lideranças para a disseminação de conceitos e práticas socioambientais em comunidades próximas à REDUC. A promoção do protagonismo das lideranças locais está entre os objetivos principais do EDUC.

[16] Os tanques de armazenamento - O Terminal da Petrobras de Campos Elíseos tem entre as principais atividades o armazenamento de petróleo originado em Angra dos Reis, Macaé e Ilha D'Água. Também é responsável pelo abastecimento da Refinaria Gabriel Passos (REGAP). Ali também é monitorado o oleoduto São Paulo-Rio de Janeiro, que recebe em Volta Redonda gasolina, diesel e álcool para distribuição em Volta Redonda. Os tanques de armazenamento. Disponível em: < https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/terminais-e-oleodutos/terminal-campos-eliseos.htm >Acesso em: 22 jan. 2021.

O curso de formação de lideranças possuiu os seguintes objetivos específicos: i) Realizar a qualificação de gestores comunitários; ii) Promover ações para a gestão de resíduos sólidos e instituição do grupo de agentes ambientais comunitários; iii) Realizar diagnóstico participativo. Dentre as ações, os resíduos sólidos (RS) foram temas entre lideranças, jovens e adultos participantes. Também, com linguagem específica, foram abordados temas na Educação Ambiental e na Educação Ambiental Inclusiva. Além disto, foram selecionados jovens, com bolsa-auxílio, para atuarem como agentes ambientais, promoverem informações sobre descarte correto de RS e coleta seletiva de recicláveis, que foram repassados para catadores da localidade. Resultado: todos os objetivos do Curso de Formação de Lideranças foram alcançados.

O curso de lideranças foi realizado em 24 encontros, entre julho/2018 a julho/2019, que totalizaram 48h. Abordou diversos tópicos ligados à sustentabilidade. Em destaque o Módulo 6 - Relação com atores sociais e sustentabilidade e o tema do 7º. Encontro - A importância da liderança para o desenvolvimento comunitário.

Durante o processo das oficinas foi elaborada, de forma compartilhada, uma cartilha, com o propósito de ser disponibilizada como uma ferramenta de apoio, para a multiplicação desse conjunto de oficinas, em outras localidades. Além de destacar que “pretendemos demonstrar que o fortalecimento das lideranças comunitárias é o principal caminho para o desenvolvimento local e alcance de resultados pautados nos ODS da ONU”. (Cartilha de Apoio para Lideranças Comunitárias - CALC – a experiência do Projeto EDUC, 2019, p. 7).

O local onde a maioria das reuniões se realizaram foi o Colégio Seice, instituição privada, no bairro de Marilândia. E também houve reuniões no galpão da Conectora de Oportunidades, no bairro de Campos Elíseos.

Ao todo, foram 23 inscritos, tendo comparecido 10 dessas pessoas inscritas e outras 04 que se inscreveram ao longo do curso. Participaram lideranças das seguintes comunidades: Campos Elíseos, Marilândia, Saraiva. Infelizmente, não houve inscritos das localidades de Bom Retiro e de Vila Serafim. Dentre as pessoas que, de fato, iniciaram a formação, apenas 1 desistiu, em decorrência da mudança de logradouro.

A duração foi de 12 meses de oficinas, com temas como: Identificação de Problemas e Soluções Locais; Marketing Pessoal; Comunicação Verbal; Características de Lideranças; A História do Município; Cidades Saudáveis; Saúde e Meio Ambiente; Consumo Consciente; Promoção do Fórum de Desenvolvimento Local Integrado Sustentável e 09 módulos específicos, com oficinas de Elaboração de Projetos.

A proposta visou instrumentalizar os participantes, para que estivessem aptos a concorrer na seleção promovida pelo EDUC, para receberem aporte de R$ 45.000,00 para a realização de um projeto comunitário. A seleção culminou tendo como projeto vencedor o #tamojunto, elaborado pela Associação de Moradores de Campos Elíseos. O projeto escolhido utilizou a prática de esporte aliada às estratégias de educação ambiental.

Quanto ao objetivo relacionado aos resíduos sólidos, 05 bicicletas foram adaptadas para o recolhimento de materiais recicláveis, em 150 domicílios cadastrados e 10 locais comerciais, nas 05 áreas de atuação do projeto. Foram recolhidos 6.175,92kg de materiais recicláveis na coleta seletiva comunitária, no período julho/2019 a janeiro/ 2020.

Também foram realizadas 06 edições da atividade intitulada “Informar para Prevenir", ou seja, atividades que ocorreram nas praças das localidades, contemplando o Bazar Verde, que consistiu em trocas de materiais reciclados por roupas, sapatos e brinquedos, além da oportunidade de informar sobre os riscos de entrar nas áreas dos tanques de armazenamento, da queima de lixo, dos riscos em soltar balões, em especial, naquelas localidades, devido aos terminais, com a presença de tanques e dutos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando a relevância da água para a vida humana, bem como a distribuição e o acesso democrático a esse bem natural, foi elaborado o Sistema de Avaliação de Programas e Projetos de Educação Ambiental para Gestão de Recursos Hídricos – o SAPEA-Água (CHACON-PEREIRA, 2018) alicerçado sobre três pilares: os indicadores socioambientais, a educação ambiental crítica e a gestão integrada de recursos hídricos, objetivando a “elaboração de indicadores e respectivos meios de verificação para a avaliação de programas/projetos de educação ambiental para gestão integrada das águas”, atuando com vistas “a contribuir para o aprofundamento teórico e para a práxis de programas/projetos que integram educação

ambiental e gestão integrada de recursos hídricos, privilegiando processos educativos críticos e sustentáveis" (CHACON-PEREIRA *et al.*, 2020, p.29).

O SAPEA-Água é um sistema para avaliação de Projetos e Programas de Educação Ambiental, calcado nos seguintes documentos nacionais e internacionais: i) Carta de Belgrado (1975), ii) Declaração de Tbilisi (1977), iii) Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global (1992), iv) Política Nacional de Educação Ambiental – PNEA (1999), v) Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH n.º 98 (2009).

A sua estrutura é composta por seis categorias de análise: *Contextualização, Interdisciplinaridade, Participação, Sustentabilidade do Programa/Projeto, Comunicação* e *Auto Avaliação*, estabelecidas a partir de documentos clássicos internacionais e nacionais que orientam os princípios da Educação Ambiental crítica (CHACON-PEREIRA *et al.*, 2020, p.221). Cada categoria de análise é composta por indicadores e seus respectivos meios de verificação, totalizando 15 indicadores e 43 meios de verificação.

De acordo com Chacon-Pereira *et al.* (2020, p. 87), os indicadores utilizados como dispositivo de medição consistem no

> estabelecimento de parâmetros e avaliação, os indicadores também constituem instrumentos de gestão, visto que possibilitam ao administrador atuar em áreas-chave de sistemas e de processos, monitorar situações que devem ser mudadas, incentivadas ou potencializadas desde o início de uma intervenção e analisar o alcance do que foi pretendido e previsto como resultado.

No entanto, para avaliação das ações do Projeto EDUC, essas categorias foram utilizadas como instrumentos de avaliação, que possibilitaram medir o avanço do projeto sob a ótica de um ou mais indicadores e meios de verificação das dimensões preestabelecidas, no SAPEA-Água.

A seguir, faremos um recorte que envolva os aspectos avaliados pelo SAPEA-Água, onde Chacon-Pereira *et al.* (2020, p. 99) abordam a importância do uso de indicadores da educação ambiental. O uso de indicadores é ratificado pelo Manifesto pela Educação Ambiental (2005), o qual contribui para realizar uma avaliação com critérios relevantes:

> No contexto da educação ambiental crítica é válido discutir a pertinência da utilização de indicadores de desenvolvimento sustentável para avaliação de programas/projetos de educação ambiental, visto que os indicadores de desenvolvimento sustentável sinalizam o desenvolvimento em diversas facetas, como o crescimento econômico, o bem-estar humano, qualidade ambiental e estrutura institucional. Assim, ao falarmos de indicadores de desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade, retomamos o termo adotado pela Unesco na década da educação (2005-2014), (Manifesto pela Educação Ambiental, 2005).

Para Lopes & Teixeira (2013) *In* Educação Ambiental em Ação (N.43, Ano XI)[17], a adoção de análises com o uso de indicadores proporciona diagnósticos e monitoramento de ações, a partir de práticas objetivas que buscam a avaliação de resultados, com respaldo técnico, por parte do pesquisador, pois consideram ser necessária e urgente "[...] a criação de indicadores confiáveis, para potencialização das possibilidades de sucesso do processo de formulação e implementação dos projetos de educação ambiental".

[17] Disponível em:< http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1342 > Acesso em: 15 out. 2020.

A seguir, a Tabela 2 que apresenta a organização do SAPEA-Água.

Tabela 2: Versão consolidada do SAPEA-Água

Categoria I - contextualização	
Indicadores	Meios de verificação
A - identificação dos usos múltiplos da água e, em particular, dos saberes tradicionais vinculados aos recursos hídricos.	1 - apresenta diagnóstico ambiental e socioeconômico dos recursos hídricos e dos usos múltiplos da água.
	2 - Relata a história ambiental dos recursos hídricos na área de abrangência do programa/projeto, especificando os saberes tradicionais nas práticas produtivas relacionadas à água.
B - Identificação de problemas socioambientais locais relacionados aos recursos hídricos.	3 - Apresenta mapa dos atores sociais e dos conflitos envolvendo os usos múltiplos da água.
	4 - Relata a história dos conflitos envolvendo os usos múltiplos da água, mediações, negociações, alianças e ruptura política.
	5 - Relata os problemas socioambientais sinalizados pelos atores sociais locais e pelo comitê de bacia hidrográfica ou órgão gestor de recursos hídricos.
C - Ações do programa/projeto contribuem para o enfrentamento dos problemas socioambientais locais relacionados aos recursos hídricos.	6 - Pelo menos 90% das metas estabelecidas estão relacionadas ao enfrentamento de problemas socioambientais locais dos recursos hídricos.
Categoria II - interdisciplinaridade	
Indicadores	Meios de verificação
D - formação de equipe interdisciplinar (articulação da dimensão técnica com a dimensão social)	7 - conforme problemática local, apresenta equilíbrio no número de profissionais designados por área do conhecimento (ciências exatas e da terra, biológicas, saúde, agrárias, sociais aplicadas, humanas, engenharias, linguística, letras e artes) que compõem a equipe do programa/projeto.
	8 - Inclui número e perfil adequado de atores sociais locais na equipe.
	9 - Capacita a equipe para compreensão do programa/projeto no contexto da educação ambiental crítica e para o diálogo com os saberes populares.
E - Adoção de práticas educativas que integram conhecimentos científicos aos saberes populares para compreensão dos fatores econômicos, sociais, políticos e ambientais que envolvem os usos múltiplos da água.	10 - As atividades educativas problematizam as práticas de produção e consumo relacionadas aos recursos hídricos, integrando e fortalecendo as diferentes áreas do conhecimento e saberes tradicionais vinculados aos mesmos.
	11 - Apresenta número, descrição, período de realização, listagem de presença, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico das atividades educativas interdisciplinares.
	12 - Apresenta materiais produzidos nas atividades educativas interdisciplinares.
	13 - O número e o perfil dos participantes nas atividades educativas interdisciplinares são significativos e estão em consonância com as metas previstas.

Categoria III - participação	
Indicadores	Meios de verificação
F - propostas de ações educativas do programa/projeto com a participação dos atores sociais locais em situação de vulnerabilidade	14 - relata as demandas apontadas e negociadas com os atores sociais locais em situação de vulnerabilidade em relação à conservação e à gestão das águas.
	15 - Apresenta número, descrição, listagem de presença, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico dos encontros para a proposta das ações educativas do programa/projeto.
G - capacitação e instrumentalização de atores sociais locais em situação de vulnerabilidade para participação em processos decisórios e no controle social da aplicação dos recursos financeiros arrecadados com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e financiamentos públicos na bacia hidrográfica	16 - apresenta número, descrição, período de realização, listagem de presença, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico das atividades de capacitação e instrumentalização dos atores sociais locais para intervenção qualificada em processos decisórios e controle social relacionados aos recursos hídricos.
	17 - apresenta materiais produzidos nas atividades de capacitação, instrumentalização e controle social.
	18 - o número e o perfil dos participantes nas atividades de capacitação, instrumentalização e controle social são significativos e estão em consonância com as metas previstas.
Categoria IV - comunicação	
Indicadores	Meios de verificação
H - divulgação de informações sobre as ações do programa/projeto e sobre a conservação e gestão dos recursos hídricos locais através de diversos meios de comunicação e tendo como finalidade aumentar a participação da população local em processos decisórios e controle social dos recursos hídricos locais.	19 - descreve as ações de comunicação indicando o título, os meios de comunicação, assim como seus períodos de divulgação, finalidade e perfil do público alvo.
	20 - Apresenta materiais textuais, digitais e fotográfico produzidos nas ações de comunicação.
	21 - O número e o perfil do público atingido pelas ações de comunicação são significativos e estão em consonância com as metas previstas.
I - Ações de educomunicação tendo como finalidade aumentar a participação da população local em processos decisórios e controle social dos recursos hídricos locais.	22 - Apresenta número, descrição, período de realização, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico das ações de educomunicação do contexto da gestão de recursos hídricos local.
	23 - Apresenta materiais textuais, digitais produzidos nas ações de educomunicação.
	24 - O número e o perfil do público atingido pelas ações de educomunicação são significativos e estão em consonância com as metas previstas.
J - Formação de redes sociais vinculadas ao programa/projeto de Educação Ambiental (real ou virtual).	25 - Apresenta número, descrição, período de realização, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico das redes sociais que interconectem instituições e práticas sociais em torno dos recursos hídricos.
	26 - Apresenta materiais produzidos pelas redes sociais e homepage das redes sociais virtuais.
	27 - O número e o perfil do público atingido através das redes sociais são significativos e estão em consonância com as metas previstas.

Categoria V - sustentabilidade do programa/projeto	
Indicadores	Meios de verificação
K - capacitação inicial e processual de multiplicadores.	28 - apresenta número, descrição, período de realização, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico das atividades de capacitação de multiplicadores com o intuito de dar continuidade ao programa/projeto após o seu término.
	29 - Apresenta materiais produzidos nas atividades de capacitação de multiplicadores.
	30 - O número e o perfil dos participantes nas atividades de capacitação de multiplicadores são significativos e estão em consonância com as metas previstas.
L - Formação de parcerias e captação de recursos financeiros, principalmente com Comitês de Bacia Hidrográfica, instituições públicas e organizações vinculadas a movimentos sociais envolvendo os recursos hídricos locais.	31 - Apresenta número, descrição, período de realização, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico das atividades com Comitês de Bacia Hidrográfica, lideranças comunitárias, organizações não governamentais, setor privado e/ou órgãos públicos envolvidos na gestão dos recursos hídricos, tendo em vista estabelecer parcerias para a continuidade do processo educativo, após o fim do programa/projeto.
	32 - Apresenta os acordos de parceria assinados pelas partes envolvidas.
	33 - O número e o perfil das instituições parceiras são significativos e estão em consonância com as metas previstas.
M - Integração com políticas públicas.	34 - Apresenta número, descrição, período de realização, perfil e contato dos participantes, assim como registro fotográfico das atividades educativas que articulam sociedade civil, setor privado, setor público e organizações governamentais envolvidos na temática água para formulação de documentos e em compromissos coletivos em prol da sustentabilidade dos recursos hídricos.
	35 - Apresenta os documentos e compromissos coletivos assinados pelas partes envolvidas.
	36 - O número e o alcance dos documentos e compromissos coletivos são significativos e estão em consonância com as metas previstas.
Categoria VI - Auto Avaliação	
Indicadores	Meios de verificação
N - avaliação processual.	37 - pelo menos 80% do plano de ação é respeitado.
O - Avaliação de Resultados	38 - Apresenta indicadores físicos, químicos e biológicos que comprovem a melhora dos recursos hídricos como forma de avaliação e monitoramento dos resultados alcançados (e.g. melhoria da qualidade da água, aumento de áreas verdes, mudas replantadas, terras recuperadas, criação de áreas de conservação, aumento da disponibilidade hídrica/segurança hídrica, aumento da população de seres vivos, serviços ecossistêmicos mantidos ou restituídos, etc.).
	39 - Apresenta indicadores socioeconômicos relacionados que comprovem a melhora dos recursos hídricos como forma de avaliação e monitoramento dos resultados alcançados (e.g. geração de trabalho e renda, qualidade de vida digna da população local, aumento da resiliência das populações e da bacia hidrográfica, preparação para enfrentamento dos riscos das mudanças climáticas, adequado sistema de saneamento básico, redução de doenças de veiculação hídrica na população local etc.).
	40 - Pelo menos 80% das metas estabelecidas foram atingidas.
	41 - Apresenta as demandas apontadas pelos atores sociais em relação à conservação e à gestão das águas atendidas pelo programa/projeto e justificativa para as não atendidas.
	42 - Apresenta o grau de satisfação do beneficiário com o programa/projeto (anexar a pesquisa e número por grupo social ou instituição dos respondentes).
	43 - Apresenta crítica ao programa/projeto e sugestões para melhoria e continuidade do mesmo.

Fonte: Chacon-Pereira *et al.*, 2020, p. 34 - 39

Resumidamente, a Tabela 3 explana o que poderíamos dizer sobre o que cada categoria de análise busca:

Tabela 3: O que busca cada categoria de análise do SAPEA-Água

Contextualização	Promover soluções dos problemas socioambientais.
Interdisciplinaridade	Apresentar um conjunto de marcos conceituais, métodos e procedimentos para a compreensão dos fenômenos.
Participação	Dizer respeito ao processo democrático que incentiva a participação comunitária.
Comunicação	Refletir o processo de democratização das informações.
Sustentabilidade	Comportar a manutenção dos objetivos e resultados do programa/ projeto.
Autoavaliação	Avaliar o programa/ projeto em função dos fatores ecológicos, políticos, sociais, estéticos e educativos, propostos no documento.

Fonte: Chacon-Pereira *et al.* (2020, p. 52 - 86).

Segundo Chacon-Pereira *et al.* (2020, p. 41), quanto às notas aplicadas na avaliação do programa/projeto, há especificações:

> [...] sugere-se que a pontuação do SAPEA-Água seja uniformizada para todos os programas/projetos e que seja atribuído a cada meio de verificação o valor +1 quando esse estiver presente e o valor 0 em caso de ausência. Sugere-se, também, que a categoria de análise Participação tenha peso 2, visto que a educação ambiental crítica é fundamentada principalmente no processo de participação dos atores sociais em situação de vulnerabilidade socioambiental. Dessa forma, propõe-se atribuir aos meios de verificação da categoria de análise Participação o valor +2 quando presente e o valor 0 quando ausente.

A Tabela 4 resume em números o SAPEA-Água, ou seja, a quantidade das categorias de análise utilizadas, bem como os indicadores e seus meios de verificação. E a Tabela 5 demonstra a classificação aplicada pelo SAPEA-Água.

Tabela 4: Número total de categorias de análise, indicadores e meios de verificação, e seus respectivos valores sugeridos para a quantificação do SAPEA-Água

Categoria de análise	N.º de Indicadores	N.º de meio de Verificação	Peso	Somatório
Contextualização	3	6	1	+6
Interdisciplinaridade	2	7	1	+7
Participação	2	5	2	+5x (2) = +10
Comunicação	3	9	1	+9
Sustentabilidade do Programa/Projeto	3	9	1	+9
Auto Avaliação	2	7	1	+7
Total	15 indicadores	43 meios de verificação		+48

Fonte: Chacon-Pereira *et al.*, 2020, p. 42

Tabela 5: Classificação dos Programas/projetos de acordo com o somatório alcançado no SAPEA-Água

Somatório	Classificação	Cor
De 37 a 48 pontos	Ótimo	
De 25 a 36 pontos	Bom	
De 13 a 24 pontos	Regular	
De 0 a 12 pontos	Insuficiente	

Fonte: Chacon-Pereira *et al.*, 2020, p. 43

Segundo Chacon-Pereira *et al.* (2020, p.40), além da funcionalidade de avaliar os programas/ projetos para educação ambiental na gestão integrada de recursos hídricos, o SAPEA-Água "pode servir de modelo para os termos de referência em chamamentos públicos, ou servir como referência para elaboração de novas propostas".

Outro ponto relevante é a possibilidade de se deixar em aberto a atribuição de peso às categorias de análise, visando melhor adequação do SAPEA-Água à finalidade prioritária do programa/ projeto a ser analisado, em geral, pela instituição financiadora ou pelo órgão fiscalizador responsável (CHACON-PEREIRA *et al.*, 2020, p. 42).

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. AVALIAÇÃO DO PROJETO EDUC ATRAVÉS DO SAPEA-ÁGUA

Na aplicação do SAPEA-Água cada uma das 6 categorias de análise é pontuada e o somatório final proporciona classificar o programa/ projeto entre Ótimo (37 a 48 pontos), Bom (25 a 36 pontos), Regular (13 a 24 pontos) ou Insuficiente (0 a 12 pontos).

Avaliou-se o Projeto EDUC segundo o SAPEA-Água, através de dados secundários (relatórios, planejamento, depoimentos e publicações postados no *website* oficial do projeto) e dados primários (entrevistas com integrantes da equipe do EDUC), para que se percebesse se os meios de verificação dos indicadores das 6 categorias estavam presentes, realizando o somatório de tais dados. E o somatório foi utilizado para determinar a classificação do Projeto em faixas de qualidade, destacadas por cores, de acordo com a pontuação alcançada.

4.2. CONTEXTUALIZAÇÃO

Na Categoria I, foi possível avaliar os três indicadores. Com relação ao Indicador A, no Meio de Verificação (MV) 1, o Projeto EDUC realizou um Diagnóstico Socioambiental das comunidades onde atuaria. No MV 2, a maioria dos moradores identifica e narra a origem e o uso da água que consome, como retratado nas respostas às perguntas 04 e 14 do Anexo 1. O Indicador B, MV 3, aparece nos relatos informais da população que cooperou no desenvolvimento dos mapas de problemas socioambientais e das perg. 04 e 14. No MV 4 os relatos descortinaram a existência de diversos meios de acesso à água, nessas comunidades, que fizeram parte do levantamento realizado: água das tubulações que abastecem a REDUC que a população se apropria para abastecer as suas residências, água de poço artesiano, compra de galão de água, para beber e cozinhar (os moradores que possuem recursos financeiros). O MV 5 na resp. à perg.10, onde o Proj. EDUC ouviu o público alvo que seria sensibilizado, antes do seu início, para nortear as ações. O Indicador C, para o MV 6, o Projeto EDUC fez um levantamento de avaliação para o abastecimento de água nas comunidades, tendo obtido como resultado a resposta majoritária de que é "regular/ruim/não existe" e vale ressaltar que o projeto baseia suas atividades em outras frentes de atuação, como os resíduos sólidos e a formação de lideranças, para promoverem a sustentabilidade local.

4.3. INTERDISCIPLINARIDADE

Na categoria II, para o Indicador D, MV 7, 8 e 9, a equipe possui formação mista e se empenha na formação de lideranças comunitárias. Quanto ao Indicador E, MV 10, 11, 12 e 13, o Proj. EDUC possui registros das diversas atividades que realiza junto à comunidade civil e às escolas municipais das comunidades, visando refletir a conservação e proteção dos recursos hídricos naturais: a não poluição, as campanhas envolvendo adolescentes (Ecoclube), as lideranças comunitárias, os jovens (agentes ambientais) com a propagação da adoção da coleta seletiva nos bairros e na sensibilização da comunidade sobre os efeitos deletérios da queima de lixo doméstico, a participação de palestras de educação ambiental que informam sobre os perigos de invasão dos tanques de armazenamento reservação para usar como lazer (piscina) ou como consumo, pois a água é bruta.

4.4. PARTICIPAÇÃO

A Categoria III, é contemplada no Indicador F e G, MV 14, 15, 16, 17 e 18 são constatados nos relatos e materiais disponibilizados no site oficial da ONG Guardiões do Mar e podem ser visualizados e conferidos nas páginas oficiais/ *websites*[18]. O mesmo ocorre com as produções de educação ambiental[19] e a cartilha do projeto de lideranças comunitárias[20]. As respostas das perguntas 01, 05, 06, 10, 13 somadas às participações nas ações do EDUC voltadas para a proteção ambiental, fomentando nas comunidades a capacidade de se reestruturar diante das adversidades e o desejo de se engajar nas causas socioambientais, contribuem.

4.5. COMUNICAÇÃO

Quanto à Categoria IV, o Projeto EDUC corresponde aos Indicadores H, I e J, MV 19 a 27. O Projeto EDUC, através das redes sociais e de suas páginas virtuais divulga material sobre o histórico da ONG Guardiões do Mar e sobre o projeto, as ações realizadas, os cursos oferecidos, publicações de conteúdo sobre a temática ambiental, cartilha, bem como as campanhas, mantendo os registros fotográficos e vídeos. Inclusive, realiza atividades de inclusão nas escolas e online, com diversas postagens em LIBRAS dos materiais utilizados na Educação Ambiental, pela especialista em Educação Inclusiva, Aline Angel Varges, sendo um diferencial positivo do Projeto EDUC.

4.6. SUSTENTABILIDADE DO PROGRAMA/PROJETO

A Categoria V é contemplada em seu indicador K, nos MV 28. O cronograma bem elaborado do curso de lideranças de Campos Elíseos, exemplifica essa categoria, pois a capacitação de multiplicadores é um dos pilares de sustentabilidade do EDUC, ou seja, uma estratégia que garante a continuidade do projeto, mesmo após a finalização de sua operacionalização. A Cartilha do Curso de Lideranças exemplifica o MV 29. O MV 30 é constatado pela adesão às atividades de capacitação de multiplicadores. Embora a sede da ONG seja em São Gonçalo, o curso de lideranças foi oferecido à noite, para maior aderência dos moradores. A perseverança até a finalização e a contemplação de apoio a um dos projetos elaborados durante o curso é a garantia de que influenciarão outros a participarem. O Indicador L, é contemplado nos MV 31, 32 e 33. O EDUC possui parceria com a Petrobrás, que é a financiadora e com a SME Duque de Caxias, atuando na educação ambiental nas escolas da rede municipal de ensino. Toda a parte documental do EDUC visa assegurar clareza na formação de parcerias. Quanto ao Indicador M, os MV 34, 35 e 36 o EDUC possui comprovada experiência na integração com Políticas Públicas como a Política Nacional de Resíduos Sólidos PNRS (Lei nº 12.305/10), o Programa Nacional de educação Ambiental PNEA 9795/99 e a Lei 13.146, de 6 de julho de 2015, que institui a Lei Brasileira de Inclusão das Pessoas com Deficiência - Estatuto da Pessoa com Deficiência. Há também o alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

4.7. AUTO AVALIAÇÃO

Na Categoria VI, no Indicador N, para constatar o MV 37 foi realizada uma breve consulta à integrante do EDUC, Helensandra Louredo da Costa (Coordenadora da Educação Ambiental) que declarou o percentual de 100% das metas alcançadas. Diversos depoimentos postados na página principal do Projeto EDUC corroboram na constatação desse MV. Para o Indicador O, MV 38 o EDUC não pontuou porque o levantamento dessas características físicas, químicas e biológicas dos recursos hídricos não compõe as metas do projeto. Em relação ao MV 39, a equipe, bem como as pessoas envolvidas realizam a avaliação processual, sendo habitual a divulgação de depoimentos nas redes sociais do EDUC. Quanto ao MV 40, a resposta assemelha-se ao MV 37, sendo perceptível que o EDUC promove o fortalecimento das comunidades, incentivando para que se desenvolvam e sejam proativas identificando e refletindo suas principais demandas socioambientais e se preparem para atuar de maneira crescente, pelas melhorias ambientais locais. O MV 41 e 42 estão relacionados à pesquisa de satisfação e avaliação dos envolvidos, gravando muitos depoimentos e participando junto às lideranças das comunidades e aos gestores e

[18] Disponível em: <https://www.facebook.com/projetoeducoficial/>. Acessado em: 10 out. 2020.

[19] Disponível em: <http://projetouca.org.br/publicacoes/>. Acessado em: 10 out. 2020.

[20] Disponível em: <http://projetouca.org.br/wp-content/uploads/2020/11/Cartilha_apoio_liderancas_EDUC_2019.pdf>. Acessado em: 10 out. 2020.

professores das escolas contempladas com o EDUC. Por fim, no MV 43, ao longo da sua execução o EDUC esteve aberto às observações das pessoas envolvidas com o intuito de que "os diversos atores sociais que atuam na região poderão identificar suas forças, fraquezas, oportunidades e ameaças; sugerir propostas de planos de ação, sejam elas de curto, médio e longo prazos". (DSCE, 2018, p. 100).

4.8. RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO PROJETO EDUC PELO SAPEA-ÁGUA

Embora não tenha sido possível pontuar o Projeto EDUC na totalidade dos MV, tal análise revelou a importância do projeto nas localidades que apresentam vulnerabilidade ambiental, quanto à gestão das águas, tendo sido avaliado como *ótimo* e alcançado o somatório de 47/48, classificado na cor verde, mesmo não sendo um projeto específico para a gestão de recursos hídricos; o que corrobora com a sua diversificada e abrangente abordagem na seara socioambiental.

A despeito da abrangência da atuação do Projeto EDUC nas comunidades de Campos Elíseos, promovendo a reflexão das ações antrópicas, para uma mudança positiva das práticas que agridem o meio ambiente, o Projeto EDUC ainda atinge um percentual pequeno de cidadãos dessas comunidades elencadas. Tais práticas esbarram com a agudização dos problemas enfrentados, no que tange em especial, o descarte dos resíduos sólidos, o que contribui com a poluição dos corpos hídricos da região.

Reféns de uma política de abandono, essas comunidades sofrem com a falta de acesso à água potável, o que provoca doenças. Nesse sentido, projetos como este necessitam ter continuidade ininterrupta e ampliação de suas ações, para que mais pessoas sejam agregadas e possam dele se beneficiar.

4.9. AS PRINCIPAIS FORÇAS NA ATUAÇÃO DO PROJETO EDUC

O atendimento à maioria dos meios de verificação atesta as forças do Projeto EDUC. Outro fator importante é a questão da inclusão, atendida por poucos projetos socioambientais. Há a preocupação de que as ações cheguem para todos, em especial, às pessoas com deficiência sensorial e intelectual.

4.10. OPORTUNIDADES NA RENOVAÇÃO E CONTINUIDADE DO PROJETO EDUC

O Projeto EDUC mostrou-se um relevante projeto, que atua positivamente nas comunidades de Campos Elíseos, próximas à REDUC. A continuidade do mesmo representa um investimento assertivo, em se tratando de um projeto socioambiental abrangente e inovador. Conforme a APMAR, o Projeto EDUC foi renovado pela Petrobrás, mas em decorrência do período pandêmico devido ao coronavírus SARS-CoV-2, a previsão atual é de que as atividades sejam retomadas no 2º. Semestre de 2021.

4.11. OS MAIORES DESAFIOS DO PROJETO EDUC

Como a sede do projeto educ localiza-se em são gonçalo, percebe-se que uma base em campos elíseos poderia contribuir ainda mais na visibilidade do projeto, por parte das comunidades locais.

5. CONCLUSÕES

A educação ambiental é uma das vias para a libertação da pobreza e possível reversão do quadro de degradação ambiental das áreas ocupadas por comunidades vulneráveis nas periferias dos centros urbanos, com vistas ao desenvolvimento sustentável e socialmente justo. As ONGs exercem um papel importante na educação ambiental informal. No entanto, a diversidade de fomentos e a multiplicidade de organizações em atuação, dificultam a reflexão crítica sobre a agregação de valor destas iniciativas.

Neste artigo foi promovida a avaliação do Projeto EDUC da ONG Guardiões do Mar, com atuação na Baixada Fluminense no Estado do Rio de Janeiro, no Brasil, e financiamento através do Programa Petrobras Socioambiental. O Projeto atendeu a todas as categorias de análise do sistema SAPEA-ÁGUA, aplicado na avaliação, e obteve o conceito ótimo, associado à 47 pontos do total de 48. Foi observado também que o EDUC adota ações inclusivas e adequadas a pessoas com necessidades especiais. Apenas um dos meios de verificação não foi observado, que trata do monitoramento da qualidade das águas como um dos indicadores da recuperação do ambiente degradado, e uma das formas de avaliar a efetividade das ações educadoras e de inovação social, que constituem objetivos de vários projetos e programas de

educação ambiental como o EDUC. Adicionalmente, foi observada a oportunidade de ampliação da articulação do Projeto com outras instâncias do governo local, assim como de um maior envolvimento destes atores nas ações do Projeto e nos processos de gestão participativa e na identificação de soluções inovadoras para os problemas locais.

A implantação e a continuidade do projeto mostram-se relevantes para a efetivação do saneamento ambiental, assim como proporcionam aportes aos órgãos públicos, servindo de balizadores para as boas práticas de sustentabilidade, proteção à vida e ao meio ambiente, conforme proposição da Agenda 2030 da ONU. Observa-se ainda que a análise crítica promovida no EDUC e seus resultados apresentam contribuições para a melhoria contínua de outras atuações em Educação Ambiental.

AGRADECIMENTO

Agradecimentos à Associação dos Protetores do Mar, APMAR.

REFERÊNCIAS

[1] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Manifesto da Educação Ambiental. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/8077-manifesto-de-lan%C3%A7amento-da-rede-brasileira-de-justi%C3%A7a-ambiental.html> Acesso em: 08 ago. 2020.

[2] BRITTO, A. L.; QUINTSLR, S. & PEREIRA, M. da S. Revista Brasileira de História. São Paulo, v. 39, nº 81, May-Aug. 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/rbh http://dx.doi.org/10.1590/1806-93472019v39n81-03" http://dx.doi.org/10.1590/1806-93472019v39n81-03>. Acesso em: 22 jan. 2021.

[3] BRITTO, F. G. A. de, GIANNELLA, L. de C., SEABRA, R. dos S. (Orgs.). Análise ambiental e gestão do território: contribuições teórico metodológicas. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

[4] CADERNO IERBB – Vozes para o saneamento básico. Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro. CAO Meio Ambiente e Patrimônio Cultural. Rio de Janeiro: MPRJ, 2020.

[5] CAMAZ, F. R. Duque de Caxias – Rio de Janeiro: contradições entre crescimento econômico e desenvolvimento social. Revista Espaço e Economia – Revista brasileira de geografia econômica [online], 2015, Ano IV, Número 7, posto online no dia 14 abril 2016. Disponível em: < http://journals.openedition.org/espacoeconomia/2061 > Acesso em: 30 mar. 2021.

[6] CARTILHA de apoio para lideranças comunitárias (CALC) – a experiência do Projeto EDUC, 2019. Disponível em: <http://projetouca.org.br/wp-content/uploads/2020/11/Cartilha_apoio_liderancas_EDUC_2019.pdf > Acesso em: 22 jan. 2021.

[7] CARVALHO, I. C. de M. Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2008. (Coleção Docência em Formação).

[8] CENSO DEMOGRÁFICO 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em:< https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques> Acesso em: 14 jan. 2021.

[9] CNEC Engenharia S.A. Plano diretor de abastecimento de água da região metropolitana do Rio de Janeiro. CEDAE, Rio de Janeiro, 1. ed., 2005.

[10] CHACON-PEREIRA, A.; NEFFA, E.; SILVA, L. P. SAPEA-Água: educação ambiental e gestão das águas. Curitiba: Appris, 1. ed., 2020.

[11] COLLARES, S. Avaliação do uso de recursos hídricos em refinarias de petróleo: um estudo de caso na Petrobrás. Dissertação de Mestrado em Sistema de Gestão – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2004.

[12] COSTA, A. P.; ALBUQUERQUE, T. F.; GOMES, V.; BISPO, M. G. S. e KRANZ, P. Diagnóstico socioambiental em cinco comunidades de Campos Elíseos (Duque de Caxias, RJ): Parque Bom Retiro, Parque Marilândia, Saraiva, Vila Serafim e Centro de Campos Elíseos. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://projetouca.org.br/wp-content/uploads/2020/12/DIAGNOSTICO_SOCIOAMBIENTAL-Projeto_EDUC_2018.pdf> Acesso em 10 nov. 2020.

[13] FERRARO JUNIOR, L. A. (Org.) Encontros e caminhos: formação de educadoras (es) ambientais e coletivos educadores. Brasília: MMA, Departamento de Educação Ambiental, 2007. V. 2.

[14] FREITAS, C. M. de. Um equilíbrio delicado: crise ambiental e a saúde no planeta. Rio de Janeiro: Garamond, 2011. (Desafios do século XXI).

[15] GIROUX, H. A.; MCLAREN, P. L. Por uma pedagogia crítica da representação. In: Silva, T. T. da; Moreira, A. F. (Org.). Territórios conquistados: o currículo e os novos mapas políticos e culturais. Petrópolis: Vozes, 1995.

[16] KRONEMBERGER, D. Análise dos impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um esgotamento sanitário inadequado dos 100 maiores municípios brasileiros no período 2008-2011. Relatório final. Trata Brasil, 2013, p.20-22. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/drsai/Relatorio-Final-Trata-Brasil-Denise-Versao-FINAL.pdf >. Acesso em: 12 out. 2020.

[17] LEMES, D. R. Disponibilidade hídrica para uma refinaria de petróleo sob a ótica da gestão dos recursos hídricos. Estudo de caso: Refinaria Duque de Caxias – REDUC. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 169. 2007.

[18] LOPES, M. M. & TEIXEIRA, D. A evolução dos projetos de educação ambiental no comitê de bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu (CBH-Mogi). Revista Eletrônica Educação Ambiental em Ação, n.43, ano XI, mar-mai 2013. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1433>. Acesso em: 17 ago. 2020.

[19] LOUREIRO, C. F. B.; TORRES, J. R. (Orgs). Educação Ambiental: dialogando com Paulo Freire. São Paulo: Cortez, 2014.

[20] MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

[21] MINISTÉRIO PÚBLICO do Estado do Rio de Janeiro. Manual de Atuação do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro na temática do Saneamento Básico. CAO Meio Ambiente e Patrimônio Cultural. Rio de Janeiro: MPRJ, 2019.

[22] PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS para o Desenvolvimento (PNUD). Acompanhando a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável: subsídios iniciais do Sistema das Nações Unidas no Brasil sobre a identificação de indicadores nacionais referentes aos objetivos de desenvolvimento sustentável/Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Brasília: PNUD, 2015.

[23] RELATÓRIO de Consolidação e Preparação para Cenários (parcial). Produto 07. Lerner, J. 2016. Disponível em:< https://www.modelarametropole.com.br/wp-content/uploads/2016/12/PRODUTO-7_Parte1.pdf >Acesso em: 11 jan. 2021.

[24] RELATÓRIO de Sustentabilidade 2019. Petrobrás. Disponível em: <https://sustentabilidade.petrobras.com.br/src/assets/pdf/Relatorio-Sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 09 out. 2020.

ANEXO 1

Perguntas do questionário

01	Participa de algum programa social? (p.25)
02	Condições de moradia (alugada/posse/cedida/própria/não sabe)? (p.37)
03	Tipo de moradia. (p.38)
04	Qual é o principal tipo de abastecimento de água na sua casa? (puderam marcar mais de uma resp.). (p.44)
05	Qual é o destino dado ao esgoto de sua casa? (p.45)
06	Qual é o destino dado aos seus resíduos sólidos? (puderam marcar mais de uma resp.) (p.46)
07	Qual é a frequência de recolhimento do lixo na sua comunidade? (p.47)
08	Sua comunidade possui coleta seletiva de lixo? (p.49)
09	Que tipo de materiais recicláveis as pessoas da comunidade já coletaram para vender? (p.50)
10	Quais são os problemas mais comuns em sua comunidade? (p.55)
11	Que tipo de atividade gostaria de ter em sua comunidade? (p.63)
12	Qual é a avaliação para a coleta de lixo na sua comunidade? (p.66)
13	Qual é a avaliação para a rede de esgoto na sua comunidade? (p.67)
14	Qual é a avaliação para o abastecimento de água na sua comunidade? (p.68)
15	Qual é a avaliação para a urbanização das ruas na sua comunidade? (p.70)
16	Qual é a avaliação para as áreas de esporte e lazer na sua comunidade? (p.71)
17	Qual é a avaliação para as áreas ambientais na sua comunidade? (p.76)
18	Você gosta da comunidade onde mora? (p.83)
19	A quem você recorreria para melhorar os problemas da sua comunidade? (p.85)
20	Qual é a avaliação para a Associação de Moradores na sua comunidade?86
21	Qual é a avaliação para os projetos sociais na sua comunidade? (p.88)
22	Como avalia a atuação da Reduc na sua comunidade? (p.97)

Fonte: DSCE, 2018.

Autores

AUTORES

OSVALDO SENA GUIMARÃES (ORGANIZADOR)

Graduação em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia Kennedy (1983), Ênfase em Engenharia de Transportes EEK (1983), Análise De Sistemas - UFMG(1985), Especialização em Gestão de Projetos de Engenharia IEC/PUC (2012), Mestrado em Estratégia FEAD (2005). Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Minas Gerais (2015-2017 Divinópolis). Professor na Faculdade Senac Minas. Atua na área de ensino superior desde 1988 como Professor, Coordenador de Curso, Coordenador de Extensão, Coordenador de Iniciação Científica e de Pré-incubadora de base Tecnológica. Atua na área de Engenharia, Computação e Projetos desde 1984.

ADELINA CRISTINA AUGUSTO CHAVES

Graduanda em Engenharia Civil (10º período) – Instituto Federal do Amazonas/AM, com estágio na Prefeitura Municipal de Manaus. Possui pesquisa nas áreas de Renaturalização de Cursos d'Água e Saneamento. Desenvolve projeto de pesquisa em Saneamento Básico. Áreas de Interesse: Construções Sustentáveis, Fontes Alternativas de Energia e Saneamento Básico e Ambiental.

ADRIANO GONÇALVES DOS REIS

Graduado em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia Química de Lorena (EEL-USP), pós-graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental pelo Instituto Nacional de Ensino Avançado (INEA), Mestrado e Doutorado em Ciências no Programa de Engenharia Aeronáutica e Mecânica na Área de Materiais e Processos de Fabricação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e Pós-Doutorado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). Professor Assistente Doutor do Departamento de Engenharia Ambiental no Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (ICT/Unesp).

ALESSANDRA CHACON PEREIRA

Doutora pelo Programa Interdisciplinar em Meio Ambiente - PPGMA-UERJ. Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ecologia da UFRJ. Bióloga pela UFRJ. Professora concursada do Colégio Militar do Rio de Janeiro.

ANA FLAVIA LOCATELI GODOI

Bacharel em Química pela Universidade Estadual Paulista. Mestre e Doutora em Química Analítica pela Universidade Estadual Paulista. Professora no Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Paraná.

ANA LAURA HONÓRIO SILVA

Técnica em Informática para Internet pelo Instituto Federal Goiano - Campus Trindade. Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás, onde também é Diretora Administrativa do Centro Acadêmico e participante da iniciação científica na área de concepção de reatores anaeróbios para o tratamento de resíduos orgânicos.

CARLOS ANDRÉ BULHÕES MENDES

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Alagoas, mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas, Engenheiro de Segurança no trabalho pela UFRGS e doutorado em Planejamento de Recursos Hídricos - University of Bristol, Inglaterra (1994), além de Pós-doutorado em Planejamento Ambiental na University of Califórnia, Davis, EUA (2002/2003). Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul com atuação no ensino de graduação em Eng. Civil, Eng. Ambiental e Eng. Hídrica e Pós-graduação (Mestrado e Doutorado) na Eng. de Minas, Metalúrgica e Materiais (PPGE3M - CAPES - 7), no Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR - CAPES 6), no Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua)

AUTORES

com a Agência Nacional de Águas . Atua na área de métodos de gestão de recursos hídricos, recursos renováveis, recursos energéticos e meio ambiente, e infraestrutura, com ênfase no uso de técnicas analíticas (pesquisa operacional, modelos matemáticos, geoprocessamento e sensoriamento remoto) incorporando o fenômeno natural e os controles de engenharia, com condicionantes econômicos, políticos e institucionais. Com 37 anos de atividade ininterrupta graduou mais de uma centena de alunos e aulas para milhares de alunos, considerando sempre o aluno como a razão de ser de qualquer professor. Exerceu atividades administrativas e de representação, incluindo participação em órgãos colegiados da UFRGS (CONSUN, CEPE, Parque Tecnológico, COMGRAD-CIVIL e COMGRAD-AMBIENTAL), Direção do Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM/UFRGS) ,Membro de Coordenação de Pós-Graduação (IPH, PROPUR e CEPSRM), Coordenador do Programa de Pós-Graduação do IPH/UFRGS, Representação da Secretaria de Relações Internacionais da UFRGS e Vice-Diretor e D

CARLOS MAGNO DE SOUSA VIDAL

Biólogo pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar). Mestre em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC/USP). Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (EESC/USP). Atualmente é professor associado do Departamento de Engenharia Ambiental (DENAM) da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO) e docente do programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental (UNICENTRO/UEPG).

CINTIA YURI MATSUGUMA ROSSI

Gestão de projetos multidisciplinares envolvendo temas como, estudos de setorização - implantação de distritos de medição e controle (DMC), estudos de viabilidade técnica e econômico-financeiro de projetos de redução de perdas e melhoria da eficiência operacional e prestação de serviços de engenharia consultiva nas áreas de eficiência operacional em sistemas de abastecimento de água

CLÁUDIA TELLES BENATTI

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Maringá (1993), mestrado (2000) e doutorado (2005) em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá. Atualmente é professora Adjunta da Universidade Estadual de Maringá - UEM e está na Coordenação do Laboratório de Saneamento Ambiental (Lasam Dec/UEM). Possui experiência em ensino, desenvolvimento de projetos e pesquisa na área de Engenharia Civil, com ênfase em hidráulica e saneamento, com destaque em Técnicas Avançadas de Tratamento de Águas e Efluentes, Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos, Avaliação e Gestão de Riscos e Gerenciamento de Recursos Hídricos.

CRISTIANE LISBOA GIROLETTI

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNIOESC), Mestre em engenharia Ambiental e Doutoranda em Engenharia Ambiental no Programa Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

DEROVIL ANTONIO DOS SANTOS FILHO

Possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Doutor e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Geotecnia Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: Aterro de resíduos sólidos urbanos, Tratamento de resíduos sólidos orgânicos e lixiviado, e Monitoramento Ambiental.

AUTORES

DIÓGENES AIRES DE MELO

Engenheiro civil e de segurança do trabalho, esp. em Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos e Líquidos e Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária (UFG), diretor da ABES/GO, membro do Grupo Técnico de Apoio à Campanha "Brasil Te Quero Livre de Lixão", coordenador geral da Sociedade Resíduo Zero. Alumni do Programa Hubert Humprhey na University of California com afiliação profissional na CalRecycle (Department of Recycling, Resources and Recovery of California State). Atuou como autor principal e coord. do Programa Goiânia Coleta Seletiva (2008-2020) e coord. de Sustentabilidade do Plano Diretor de Goiânia (2015-2020). Comendador ambiental por Goiânia e Goiás, professor, autor de artigos, consultor junto a municípios. Autor do livro "Aterros de Resíduos".

EDUARDO AUGUSTO RIBEIRO BULHÕES FILHO

Sócio Diretor – Diretor Técnico e Comercial da EFFICO SANEAMENTO, com título de Engenheiro de Materiais (2001) e Especialista em Gestão de Projetos (2006), diretor e sócio da empresa, responsável técnico pela direção de equipes e projetos multidisciplinares envolvendo temas como: Calibração de macromedidores, Planos Diretores de Perdas, Implantação de Centro de Controle Operacional e de Distritos de Medição e Controle (DMC), redução e controle de perdas de água através de contratos do tipo Performance, e desenvolvimento institucional. Possui capacitação ABENDI nível 3 em detecção de vazamentos em tubulações enterradas, permitindo a capacitação e desenvolvimento de colaboradores e parceiros.

EDUARDO CLETO PIRES

Engenheiro Mecânico pela EESC-USP, mestrado em Engenharia Mecânica pela PUC do Rio de Janeiro. Doutorado em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Professor titular do SHS-EESC-USP.

EDUARDO PEREIRA SANDINI

Brasileiro, sócio gestor da empresa Vitalux-Ecoativa Projetos Sustentáveis LTDA. Formação acadêmica em Engenharia Mecânica - Escola de Engenharia Mackenzie, Projeto Elétrico e Energética Industrial - Universidade Politécnica Cataluña, Engenheiro Elétrico - Universidade Paulista – UNIP, MBA em Gerenciamento de Projetos - Fundação Getúlio Vargas.

ELIANA KAZUE IRIE KITAHARA

Tecnóloga Sanitária-UNICAMP, Engenharia Civil-UNG, Especialização nos cursos " Saúde Púbica e Ambiental-FESP/USP"", "Gestão Ambiental-SMA/CETESB" e "ISITEC/UFSCAR". Cursos internacionais: Controle da Poluição das Águas - JICA/Japão e Gestão Ambiental – AMBITEC/Baviera. Segunda mulher a trabalhar em área operacional na Sabesp, coordenava manobras manuais de Sistemas de Produção da RMSP (não havia telemetria), Responsável pela implantação dos processos: "Recebimento de Efluentes Não Domésticos", "start up das ETES Parque Novo Mundo e São Miguel (incluiu durante as obras, a construção de auditórios para Educação Ambiental) e "Programa Água é Vida" . Assumiu a Presidência da AESABESP (2003-2005), acompanhou elaboração de Planos Municipais de Saneamento- PMS na CSAN (Coordenadoria de Saneamento no estado de SP) e avaliou Estudos de Viabilidade Econômica Financeira de municípios da Diretoria de Sistemas Regionais e do Interior(R). Atua na ABES Nacional como representante do Conselho Deliberativo e na Associação dos Profissionais Universitários da Sabesp – APU, no Conselho Deliberativo, representando a Sociedade Civil no CRH- CT_AS (Câmara Técnica de Águas Subterrâneas) e CBH-AT_ CTPA (Câmara Técnica de Planejamento e Articulação). Aposentou-se em 2020, após 43 anos de Cia e pretende contribuir para universalização do saneamento em comunidades de baixa renda. É membro do grupo de estudos que está desenvolvendo e implantando projeto piloto de gestão compartilhada do saneamento em quilombos do estado de São Paulo.

AUTORES

ELIO LOPES DOS SANTOS

Mestrado em Engenharia Urbana - UFSCar - Universidade Federal de São Carlos (2004); Especialização em Engenharia de Controle de Poluição - UNISANTA (1989); Graduação em Licenciatura Plena em Química - UNICEB (1981); Químico Industrial - Colégio do Carmo (1972); atualmente é professor do curso de Pós-Graduação MBA em Gestão Ambiental e Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho da UNISANTA - Santos SP.

ELISÂNGELA EDILA SCHNEIDER

Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestre e Doutora em Engenharia Química no Programa de Engenharia Química (PEQ) da COPPE/UFRJ. Atuou profissionalmente na Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) e no Centro Brasileiro de Pesquisas da General Eletric. Atualmente é pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química na Universidade Federal de Santa Catarina (PósENQ/UFSC)

ELOISA POZZI

Possui graduação em Ecologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento [S.Carlos] pela Universidade de São Paulo e doutorado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos. Atualmente ocupa o cargo de Especialista em Laboratório - Superior II na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Depto de Hidráulica e Saneamento (SHS_ USP). Tem experiência na área de Microbiologia, com ênfase em Microbiologia Aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: microbiologia de sistemas de tratamento de águas residuárias, técnicas de Biologia Molecular aplicadas ao tratamento de águas residuárias, nitrificação e desnitrificação.

ELZA MARIA NEFFA VIEIRA DE CASTRO

Doutora em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, pela UFRRJ. Mestra em Filosofia pelo IESAE/ FGV. Professora Associada da UERJ, atuando na Graduação em Educação e no Programa de Pós-graduação Doutorado em Meio Ambiente, PPGMA – UERJ.

ERICK FELLYPE RODRIGUES

Engenheiro sanitarista e ambiental com experiência em desenvolvimento de diversos projetos ambientais relacionados ao setor de geração de energia elétrica e elaboração projetos exigidos em processos de licenciamento ambiental.

FABIANA ALVES FIORE

Professora do Departamento de Engenharia Ambiental – Instituto de Ciência e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Doutora em Saneamento e Meio Ambiente (FEC/UNICAMP - 2013), Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG - 2004) e Graduada em Engenharia Civil (UFMG – 2001).

FABÍOLA ADAIANNE OLIVEIRA

Engenheira agrônoma pela Universidade Federal de Goiás. Engenheira de segurança do trabalho pela RTG, esp. em Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos e Líquidos pela UFG. Mestre em Tecnologia de Processos Sustentáveis pelo Instituto Federal de Goiás (IFG). Assessora técnica da Companhia de Urbanização de Goiânia (Comurg).

FABÍOLA TOMASSONI

Engenheira Ambiental pela Faculdade União das Américas - UNIAMÉRICA. Mestre em Engenharia em Energia na Agricultura pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Doutora em

AUTORES

Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Pós-doutoranda pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – CTC – UFSC

FERNANDA FILIPAKI

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO). Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste associação ampla com a Universidade Estadual de Ponta Grossa (UNICENTRO/UEPG). Especialista em Pericia e Auditoria Ambiental pela Universidade Cesumar (UNICESUMAR). Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental na Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP).

FLÁVIO RUBENS LAPOLLI

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professor titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

GEORGE HUMBERTO GUIMARÃES

Engenheiro ambiental, engenheiro de segurança do trabalho, pós-graduando do MBA em Gestão Industrial e diretor presidente do Instituto Greenlabor de Engenharia e Consultoria Empresarial (Igece).

GIOVANNA FALAVINHA RAZENTE

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Paraná. Supervisora Ambiental.

GISELE SERPA

Engenheira Química com doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina em parceria com a Universidade da Califórnia em Davis/EUA (2008). Tem experiência com pesquisas na área de Engenharia Química, com ênfase em Engenharia Genômica e Purificação de Bioprodutos, atuando principalmente nos seguintes temas: bioinformática pós-genômica, genômica comparativa, engenharia metabólica e purificação de bioprodutos através de membranas de afinidade. Atualmente é professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, nas disciplinas de Processos Industriais, Operações Unitárias e Bioquímica. Desenvolve pesquisas nas área de análises de alimentos, processos fermentativos e purificação e caracterização de proteínas.

GUILHERME GAVLAK

Engenheiro Ambiental graduado pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), pós-graduado em nível de especialista em Perícia e Auditoria Ambiental pela Universidade Cesumar (UniCesumar), mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) e atualmente doutorando no Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO).

GUSTAVO SILVA

Engenheiro Civil há 2 anos da Effico Saneamento atuando principalmente em projetos de Performance de Redução de Perdas, na parte da engenharia desenvolvendo atividades de modelagem hidráulica, dimensionamento e projeto de VRPs, DMCs e redes de distribuição. Já atuou no contrato de performance do Setor Santo Eduardo – Embu (SABESP -2018) e atualmente atua no contrato de Performance do Setor Sumaré (SABESP – 2021).

AUTORES

IARA REGINA GRILO PAPAIS

Gestora Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP), Mestre em Sustentabilidade pela Universidade de São Paulo (USP) e Licencianda em Matemática pela Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP). Fez Extensão em Gestão de Projetos pela Escola Técnica Estadual Presidente Vargas (ETEPV) e MBA em Negócios Greentech - Sustentabilidade Aplicada pela Anhanguera. Técnica em Gestão na Sabesp. Consultora de Projetos Socioambientais.

ISABEL KIMIKO SAKAMOTO

Bióloga pela USP de Ribeirão Preto. Mestrado, doutorado e pós-doutorado em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Especialista no Laboratório de Processos Biológicos (LPB) do Depto de Hidráulica e Saneamento (SHS-CESE-USP).

JEANETTE BEBER DE SOUZA

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Mestre em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC/USP). Doutora em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (EESC/USP). Atualmente é professora Associada do Departamento de Engenharia Ambiental (DENAM) da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO) e docente do programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental (UNICENTRO/UEPG).

JEFFER CASTELO BRANCO

Doutorando pelo Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP); Mestrado em ciências pelo Programa de Pós-graduação em Análise Ambiental Integrada da UNIFESP (2014-2016); Graduação em Serviço Social pela UNIFESP (2010-2014); Pesquisador do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Extensão em Saúde Socioambiental da UNIFESP (2010-2022).

KATHERINE GISELA MENDOZA PENA

Aluna de Graduação em Engenharia Ambiental no Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (ICT/Unesp).

LAÍS ROBERTA GALDINO DE OLIVEIRA

Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Mestra e Doutora em Engenharia Civil (Geotecnia) pela Universidade Federal de Pernambuco. Professora Adjunta da Universidade Federal de Goiás, atuando nos cursos de graduação de Engenharia Civil e de Engenharia Ambiental e Sanitária, e no Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil. Possui experiência na área de Geotecnia Ambiental, Monitoramento Ambiental e Saneamento.

LUCIANA PAULO GOMES

Engenheira Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Mestre e Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

LUCIENE PIMENTEL DA SILVA

Professora Orientadora - Ph.D. em Engenharia Civil (Hidrologia) pela University of Newcastle Upon Type – UK. Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Graduada em Engenharia Civil. Professora associada aposentada da UERJ. Pós-doutoranda no Programa de Gestão Urbana da PUCPR e professora voluntária no Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente da UERJ.

AUTORES

LUÍS GUILHERME DE CARVALHO BECHUATE

Engenheiro Civil pela Universidade Estadual Paulista (1997) e pós-graduado em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Vanzolini / USP (2002), é sócio fundador da B&B Engenharia, onde atua desde 2004. Com carreira no setor de saneamento, focada em planejamento, desenvolvimento operacional e controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento, desenvolveu e implementou projetos em várias regiões do Brasil, tendo também atuado como consultor em iniciativas governamentais como o Programa Com+Água / governo federal, Programa Reagua / governo de SP e Programa ProEEsa fomentado pela Agência de Cooperação Alemã GIZ.

LUIZA NATALINO

Engenheira Ambiental e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná. Analista Socioambiental no Projeto Amigos dos Rios da Prefeitura de Curitiba e fundadora do Projeto Baná.

MARCELLA MORETTI FERREIRA

Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental com área de concentração em Saneamento pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) e Graduada em Engenheira Ambiental (Centro Universitário SENAC - 2013).

MARCELO OLIVEIRA CAETANO

Engenheiro Civil. Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho. Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Doutorado em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

MARCIA HELENA RISSATO ZAMARIOLLI DAMIANOVIC

Engenheira civil pela EESC-USP. Mestrado, doutorado e pós-doutorado em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Mestre e em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Docente e pesquisadora do SHS-EESC-USP.

MARIA ÁNGELES LOBO RECIO

Doutora em Química pela Universidad Complutense de Madrid, UCM, Espanha. Professora Associada da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Universitário de Araranguá.

MARIA ELIZA NAGEL HASSEMER

Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professora adjunta no departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

MARTA ARCE BRITO

Eng. sanitarista e ambiental, esp. em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos pelo Programa de Especialização da Agência Nacional de Águas (ANA) em conjunto com Instituto Federal do Ceará (IFCE), secretária geral suplente do Fórum de Limpeza Urbana e Resíduos Sólidos da Frente Nacional dos Prefeitos (FNP), gestora de Resíduos Sólidos Urbanos, diretora do Departamento de Agricultura, Meio Ambiente e Turismo de Jandaia, Goiás.

MOEMA FELSKE LEUCK

AUTORES

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1993), especialização em Sistemas de Esgotos e mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo IPH/UFRGS. É doutoranda em Planejamento Urbano e Regional na área de infraestrutura pelo PROPUR-UFRGS. Atua como engenheira no Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre - DMAE, desde 2000, onde atuou nas áreas de desenvolvimento, operação e comercial. Tem experiência em planejamento de sistemas de água e esgoto, projetos, especificações e orçamentos de redes de distribuição de água, redes de esgoto sanitário e estações de tratamento de água e esgoto, em modelagem e em simulação de sistemas de água e esgoto, em fiscalização de contratos de projetos e serviços e em especificação e gestão de materiais e equipamentos. Membro da comissão executiva do Plano Diretor de Esgotos de Porto Alegre - 5ª edição e da comissão técnica que regulamentou a Lei nº 10.506, de 5 de agosto de 2008, que instituiu o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas, através do Decreto Nº 16.305, de 26 de maio de 2009.

PAULO CEZAR CORREA VIEIRA

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Amazonas (1983); Especialização em Saúde Pública pela Universidade de Ribeirão Preto (1991); Especialização em Avaliações e Perícias de Engenharia pela Universidade Federal do Amazonas (2005); Mestrado em Engenharia de Processos pela Universidade Federal do Pará (2016). Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Instalações Hidrossanitárias, Perícias de Engenharia, Patologias das construções; Patologias das Instalações Hidrossanitárias.

PAULO JOSÉ FERRAZ DE ARRUDA JÚNIOR

Doutor em Direito Ambiental Internacional pela Universidade Católica de Santos (UNISANTOS); Mestre em Direito Ambiental (UNISANTOS - 2018); Graduação em Direito pela UNISANTOS – 2004) especialista em direito público e privado; Professor Universitário desde 1999; atualmente é advogado e professor concursado na FATEC e da Fundação Santos André nas disciplinas de Direito Ambiental, Direito Civil e Ética Profissional

PEDRO BERNARDO ROECKER

Técnico em Química pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina- IFSC (2014) e formado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (2021). Tem experiência com bolsista de iniciação científica no Laboratório de Potabilização de Águas (2017-2021), com foco em análises físico-químicas, cultura de fungos e bactérias e operação de pilotos para tratamento de água como: filtros rápidos, filtros lentos, decantador e eletroflotação.

RAFAEL DE FREITAS OLIVEIRA

Engenheiro Civil. Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho. Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

RAFAELA DE JESUS ITAPARICA

Engenheira de Petróleo e gás com experiência na área de elevação de petróleo por 4 meses na empresa ENDinspeções, e experiência na área de prospecção de empresas com vendas de bombas, compressores, e serviços de manutenção, por 8 meses como estagiária, pela empresa FLUXOTÉCNICA. Formando e licenciando em inglês fluente

RAFAELA RODRIGUES DA SILVA

Doutoranda pelo Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Ciências da Saúde pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP); Mestrado em ciências pelo Programa de Pós-graduação em Análise Ambiental Integrada da UNIFESP (2014-2016); Graduação em Serviço Social

AUTORES

pela UNIFESP (2010-2014); Pesquisadora do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Extensão em Saúde Socioambiental da UNIFESP (2010-2022).

RICARDO REZENDE MONTEIRO BARBOSA

Designer gráfico pela Universidade de Mogi das Cruzes (UMC). Pós-graduado em Gestão de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). MBA em Gestão da Tecnologia da Informação (TI) pela Faculdade de Informática e Administração Paulista (FIAP). Gerente de projetos na RH Franquias. Consultor de Projetos de TI.

RODRIGO DE FREITAS BUENO

Biólogo, Mestre em Saúde Pública e Doutor em Engenharia Civil e Hidráulica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PHA-USP). Professor adjunto e coordenador do curso de Engenharia Ambiental e Urbana da Universidade Federal do ABC (EAU-UFABC), Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas (CECS).

SHIRLEI BARROS DO CANTO

Doutoranda do Programa Interdisciplinar em Meio Ambiente, PPGMA-UERJ, Pedagoga, Bacharel e Licenciada em Letras e Mestre em Ensino, pela UERJ, Tutora das Disciplinas Pedagógicas do CEDERJ-UERJ. Integrante do grupo Filosofias, Lógicas e Escritas Acadêmico-Afetivas (FLORA) e do Observatório Internacional de Inclusão, Interculturalidade e Inovação Pedagógica (OIIIIPe).

SILVIO HENRIQUE CAMPOLONGO

Pós-graduado em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas, Engenheiro Civil formado, pela Universidade de Mogi das Cruzes, com 15 anos de experiência no setor de saneamento e controle de perdas em sistemas públicos, elaborou e conduziu estudos e projetos de concepção utilizando simulação hidráulica e participou de obras em SAA (Sistemas de Abastecimento de Água), é, atualmente, Gerente na Effico Saneamento, sendo responsável pela implementação e gestão de projetos de performance e turn key em saneamento em várias regiões do Brasil. Foi palestrante em iniciativas governamentais como o programa Com+Água 2. E autor de artigos apresentados no 31° congresso da ABES – Curitiba /PR - 2021

VALÉRIA DEL NERY

Engenheira química pela UFSCar. Mestrado, doutorado e pós-doutorado em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Consultora na área de projetos e operação de sistemas de tratamento de água residuária.

VANIA LUCIA RODRIGUES

É Engenheira Civil, tem mestrado e doutorado em Engenharia Hidráulica pela Universidade de São Paulo. Trabalhou na área técnica da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo – SABESP, tendo exercido atividades nas áreas de planejamento de sistemas de abastecimento de água e de gestão ambiental. Neste período participou da ampliação de sistemas de abastecimento de água e de implantação de grandes empreendimentos do setor. Coordenou a representação da SABESP junto aos comitês de bacias hidrográficas de São Paulo por 5 anos. Foi representante das prestadoras de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em câmaras técnicas do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de São Paulo Atualmente é membro da Câmara Técnica de Educação Ambiental do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. É professora universitária. Trabalhou na Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, no Centro Universitário de Itajubá – FEPI e atualmente trabalha na Universidade de Mogi das Cruzes. Leciona disciplinas para os cursos de engenharia civil: Saneamento Básico, Hidrologia, Hidráulica e Instalações Hidráulicas e Sanitárias. É membro do grupo de estudos que está desenvolvendo e

AUTORES

implantando projeto piloto de gestão compartilhada do saneamento em quilombos do Estado de São Paulo.

VITOR HUGO VIEIRA BRANDOLIM

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Maringá.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson